

PROYECTO FIN DE CARRERA: CARABELA “LA NIÑA”



Proyecto en el que se incluye la cartilla de trazado, curvas hidrostáticas, cálculo de esfuerzos cortantes y momentos flectores, escantillonado y planos necesarios para su total definición.

Universidad
Politécnica de
Cartagena

ETSINO

Ignacio García Díaz

Cartagena (Murcia)

2011-2012



"Encuentra la felicidad en tu trabajo o nunca serás feliz"

Cristóbal Colón

Índice:

Capítulo 1.- Introducción.

1.1.- Objetivo.

1.2.- Justificación.

Capítulo 2.-Descripción del buque.

2.1.- Introducción histórica.

2.1.1.- Las exploraciones marítimas ibéricas a finales del s. XV.

2.1.2.- Los tratados de delimitación del atlántico.

2.1.3.- Cristóbal Colón.

2.1.4.- El viaje del descubrimiento.

2.1.5.- Objetivos y resultados del viaje.

2.1.6.- Síntesis Cronológica.

2.2.- Definición de los buques en el siglo XV.

2.2.1.- Carabelas.

2.2.2.- Ornamento de las naves colombinas.

2.2.3.- Pertrechos.

2.3.- La Niña.

2.4.- Características de la Niña.

Capítulo 3.- Caracterización del buque.

3.1.-Planos.

3.1.1.- Plano de formas y curvas características de la embarcación.

3.1.2.- Planos de disposición general.

3.1.3.- Velamen.

3.1.4.- Arboladura.

3.1.5.- Disposición bajo cubierta.

3.2.- Cartilla de trazado.

3.2.1.- Semimangas de la intersección línea de agua y secciones.

3.2.2.- Semimangas de la intersección cubiertas y secciones.

3.2.3.- Croquis acotado de perfiles de proa y popa.

3.3- Curvas hidrostáticas.

3.3.1.- Curvas de áreas de flotación.

3.3.2.- Toneladas por centímetro de inmersión.

3.3.3.- Abscisa del centro de gravedad de la flotación.

3.3.4.- Volumen de trazado.

3.3.5.- Curvas de desplazamientos.

3.3.6.- Altura del centro de carena sobre la base.

3.3.7.- Abscisa del centro de carena.

3.3.8.- Radio metacéntrico transversal.

3.3.9.- Radio metacéntrico longitudinal.

3.3.10.- Momento para alterar el trimado un centímetro.

3.3.11.- Coeficientes de formas.

Capítulo 4.- Cálculos justificativos.

4.1.-Determinación del Arqueo.

4.2.-Cálculo estimativo del desplazamiento en rosca.

4.3.-Estudio previo de estabilidad

4.4.-Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Capítulo 5.- Proceso constructivo.

5.1.- Maderas seleccionadas

5.2.- Escantillonado de la estructura según reglamento Bureau Veritas.

5.2.1.-Campo de aplicación.

5.2.2.-Dimensiones principales de La Niña.

5.2.3.- Determinación de los escantillones.

5.3.- Piezas principales

5.3.1.- Quilla y sobrequilla.

5.3.1.1.-Escantillones.

5.3.1.2.- Equivalencia.

5.3.1.3.- Longitud de las piezas.

5.3.1.4.-Escarpes.

5.3.2.- Roda.

5.3.3- Codaste.

5.3.4.- Macizos de popa.

5.3.5.- Gambota central de la bovedilla.

5.3.6.- Cabillas cortaaguas.

5.4.- Estructura transversal.

5.4.1.- Cuadernas compuestas dobles.

5.4.1.1.-Escantillones.

5.4.1.2.-Cuadernas, topes, empalmes.

5.4.1.3.-Varengas y genoas.

5.4.1.4.-Cuadernas en los extremos.

5.4.2.- Mamparos principales.

5.5.- Forro exterior, palmejares y trancaniles.

5.5.1.-Forro exterior.

5.5.1.1.-Escantillonado.

5.5.1.2.-Topes y aberturas.

5.5.2.-Palmejares de pantoque.

5.5.3.-Cuerdas y trancaniles.

5.5.3.1.-Escantillonado.

5.5.3.2.-Escarpes y topes.

5.5.3.3.-Extremos.

5.6.-Estructura de la cubierta.

5.6.1.-Baos ordinarios.

5.6.1.1.- Escantillonado.

5.6.1.2.- Separación entre baos.

5.6.1.3.- Disposición del apuntalado.

5.6.2.-Barrotines.

5.6.3.-Reforzado.

5.6.4.-Forro.

5.7.-Planos estructurales.

5.8.- Elementos de unión, calafateado y protección.

5.8.1.- Cabillas y pernos.

5.8.1.1.- Escantillonado.

5.8.1.2.- Cabillas de punta perdida.

5.8.1.3.- Cabillas remachadas.

5.8.1.4.- Pernos.

5.8.2. Clavazón.

5.8.3.- Disposición elementos de unión.

5.8.3.1.- Piezas principales.

5.8.3.2.- Estructura transversal.

5.8.3.3.-Forro exterior, palmejares y trancaniles.

5.8.4.- Calafateado y protección.

5.9.- Timón.

5.9.1.- Timón con pinzotes y pala de madera.

5.9.1.1.- Mecha.

5.9.1.2.- Acoplamiento de la mecha.

5.9.1.3.- Herrajes de la pala.

5.9.1.4.- Pala.

5.9.2.-Aparato de gobierno.

5.10.- Equipo.

5.10.1.- Numeral de equipo.

5.11.-Descripción de la tecnología aplicada en la época de su construcción.

5.12.-Planos constructivos, detalle de uniones y ensamblajes.

Capítulo 6- Valoración económica.

6.1.- Coste materiales.

6.2.- Coste jornales/personal.

6.3.- Beneficio industrial.

Capítulo 7.- Bibliografía, fuentes documentales y especificaciones técnicas utilizadas.

Capítulo 8.- Agradecimientos.

Anexo

Capítulo 1.- Introducción

1.1.- Objeto del Proyecto

Esta iniciativa pretende Recuperar el patrimonio naval español Este proyecto se enmarca dentro de la conservación del Patrimonio Histórico Español en su vertiente marítima tecnología, las artes de construcción, de navegación,

El proyecto que se propone consiste realizar el proyecto íntegro de una de las tres naves, dos carabelas y una nao, que realizaron la travesía que supuso el descubrimiento de América, concretamente la carabela de la denominada “La Niña”.

Objetivo general impulso cultural del patrimonio marítimo español

Impulsar patrimonio español

Simbiosis de las nuevas tecnologías con el arte antiguo de diseño naval.

Recuperar una pieza emblemática de la navegación española del siglo XVI reconstruida en Cartagena.

1.2.- Justificación.

Con motivo del V Centenario del Descubrimiento de América el gobierno español creó una Comisión con el objetivo de conmemorar tal acontecimiento y entre otras líneas de actuación construyó tres replicas de las dos carabelas y la nao que realizaron la travesía que hoy se denomina la Ruta del Descubrimiento. Todas se construyeron en astilleros españoles. La carabela elegida como proyecto se construyó en el Arsenal Militar bajo la dirección del Ingeniero Naval D. Jose Luis López Martínez.

La Niña fue construida en los antiguos astilleros del puerto de la Ribera de Moguer. En su botadura sobre el Río Tinto, la nave recibió el nombre de *Santa Clara* en honor al monasterio del mismo nombre existente en la localidad, aunque pasaría a la posteridad con el nombre de uno de sus propietarios, Juan el Niño.

La Niña capitaneada por Vicente Yáñez Pinzón de unas 50 toneladas y 22 metros de eslora le sirvió a Colón para su viaje de regreso a Palos de la Frontera, a donde llegó el 15 de marzo de 1493.

Son varias los motivos de elección como primera de las embarcaciones. Resalta la primera por su gran capacidad marinera. Fue la única de las tres que realizó repetidas expediciones a la ruta de América, resistió varios duros temporales y sobrevivió a diversas escaramuzas a lo largo de su singladura. Esta capacidad de mantenerse a flote hizo que sirviera de modelo para el primer barco construido en América concretamente la carabela *Santa Cruz*, conocida como *La India*.

La segunda consideración está relacionada que la réplica de que se construyó para la conmemoración del V Centenario se hizo en Cartagena, concretamente en el Arsenal Militar.

Capítulo 2.-Descripción del buque.

2.1.- Introducción histórica.

2.1.1.- Exploraciones marítimas ibéricas a finales del s. XV.

Resulta curioso constatar que la primera de las potencias europeas que inició la vía de las exploraciones y conquista del Océano Atlántico, fuera también una de las más pequeñas, Portugal. Ya desde mediados del s. XIV las naves portuguesas surcaban a sus anchas las costas orientales del Atlántico, proyectando la exploración de la costa occidental del continente africano y la colonización de las islas y archipiélagos que se encontraban a su paso en la ruta que les llevaría a doblar el cabo de Buena Esperanza en su camino hacia la India. A la par, importantes banqueros y compañías comerciales fundaban factorías y creaban poderosas empresas que controlaban el cada vez más floreciente comercio de esclavos, especias y oro.

Los españoles de las costas onubenses y gaditanas no podían ni querían estar a la zaga. Por ello, desde mediados del s. XV emprendieron a su vez viajes mercantiles a gran escala a la costa africana atlántica. Se organizaron expediciones a Guinea y a la Mina y se recorrió el litoral marroquí, utilizando como base alguna de las islas Canarias pertenecientes a los reyes castellanos. La llegada de los marineros andaluces a estas costas supuso que la rivalidad luso-española se convirtiera en una feroz guerra marítima, especialmente en el momento en el que los andaluces empezaron a obtener importantes ganancias. Asimismo, la guerra era azuzada por el empeño de la corona española que emprendía aquella política atlántica con móviles militares de represalia. Se luchaba en Marruecos y Guinea con propósitos reivindicadores y, sobre todo, se buscaba aplastar al adversario, Portugal, que había hecho causa común con D. Juana la Beltraneja en la guerra sucesoria. Como ulterior motivo se intentaba también competir tratando de arruinar el comercio portugués. Tanto las crónicas castellanas como las lusas se encuentran repletas de relatos de apresamientos de las naves y terribles batallas entre ambas escuadras que se resolvían tras largas y fatigosas negociaciones.

De los puertos de Sevilla, Cádiz, Jerez de la Frontera, Sanlúcar de Barrameda, Puerto de Santa María, Palos y Huelva salieron marinos y comerciantes como Charles de Valera, Íñigo Ibañez de Artieta o Pedro de Corvides que tan importantes huellas dejaron en aquellas tierras. Tal eco debieron de suscitar los pingües beneficios de este

tráfico que fue entonces cuando varias compañías comerciales inglesas decidieron instalarse en la baja Andalucía junto a las burgalesas o vascas, ya asentadas en la región. Era la baja Andalucía un país lleno de posibilidades y abierto a toda clase de aventuras marítimas, el ensueño descubridor era ya imparable.

2.1.2.- Los tratados de delimitación del Atlántico.

La situación prebélica establecida en la zona no interesa a nadie y mucho menos a los comerciantes de uno y otro país. Por su parte, los Reyes Católicos, empeñados ahora en terminar la reconquista, han de emplear su marina en el apoyo de la campaña de Granada y por ello buscan con ahínco llegar a una "paz perpetua" con el país vecino. El resultado de la diplomacia castellana se plasmará en el tratado de Alcaçovas firmado el 4 de septiembre de 1479, en Portugal, y ratificado en Toledo, en 1480. El acuerdo confirma un nuevo statu Quo en el Atlántico y derecho de una situación de paz. Los castellanos podrían navegar a las Islas Canarias y conquistar las islas no ganadas aún en este archipiélago, mientras que los portugueses se reservaban la exclusiva sobre la costa occidental africana en dirección sur, para navegar en el espacio portugués sería necesario a partir de ahora que el rey de Portugal, Alfonso V de Portugal, de previamente su licencia.

La situación se mantiene sin mayores problemas hasta el Descubrimiento del Nuevo Mundo que agudiza de nuevo el choque de intereses entre los dos países. Jurídicamente dos documentos sucesivos trataran de restablecer el orden.

En 1493 el papa Alejandro VI, a instancias de los Reyes Católicos, dicta la *Bula Inter coetera* por la que otorga a la Corona española la posesión de las tierras situadas a 100 leguas al oeste de los archipiélagos de las Azores y de las islas de Cabo Verde.

Es evidente que el tratado favorece los intereses de la Corona española. En consecuencia la diplomacia portuguesa contraataca rápidamente, para lograr un nuevo acuerdo más favorable. Tras muchas reuniones, discusiones y no pocas presiones, consigue que el 7 de Junio de 1494 se firme el llamado Tratado de Tordesillas. Por este importantísimo texto jurídico se ratifica a división territorial del mundo en dos hemisferios, uno oriental portugués y otro occidental español. Una nota significativa marcará la diferencia con el documento anterior: la línea de demarcación se situará ahora a 370 leguas de las islas de Cabo Verde. En virtud de este tratado pudieron los portugueses reivindicar y colonizar el Brasil, de haberse mantenido la anterior línea marcada por la bula papal, la colonización de ese enorme país hubiera correspondido a España.

2.1.3.- Cristóbal Colón en España.

En 1485 llegó Cristóbal Colón, procedente de Portugal, a las costas onubenses. En aquel ambiente, ya lo hemos visto, podía encontrar el genovés lo que buscaba: un apoyo económico para realizar su aventura, nada menos que alcanzar el Oriente por Occidente.

Siete años tardó el nauta en conseguir que se “negocio”, como a él le gustaba decir, fuera aceptado por los reyes, requisito imprescindible para efectuar el viaje. Firmadas las capitulaciones pertinentes, el 17 de abril de 1492, se dispuso la preparación del viaje.

2.1.4.- El viaje del descubrimiento.

En el éxito o fracaso de todo viaje de descubrimiento intervienen variados factores ajenos, muchos de ellos, a las especiales condiciones y méritos del capitán de la flota. En todos ellos, hay que tener en cuenta, y muy de cerca, tanto la financiación del mismo como la calidad de las naves o el componente de la marinería.

Desechada ya hace muchos años la romántica historia que nos presentaba a la reina Isabel vendiendo sus joyas para ayudar al singular extranjero, el profesor Juan Manzano y Manzano, gran colombista, nos ha aclarado las cuentas del viaje, según sus datos el viaje costó un total de 2.000.000 de maravedíes.

Para referirnos a las tres embarcaciones que tomaron parte en la expedición, es constante las diferencias entre nao y carabela, los dos tipos de naves que llevaba Colón en su viaje, la nao Santa María, la capitana, y las carabelas Pinta y Niña.

Con el nombre de nao se identificaba, durante el s. XV, a las naves grandes y pesadas. De alto bordo, solían disponer de un castillo a proa y enarbolaban cuatro palos: bauprés, trinquete, mayor y mesana. A diferencia, la carabela, adaptada en España tras ser utilizada con éxito por los descubridores portugueses, era un barco ligero y rápido, más estrecho que la nao, con dos o tres mástiles y con vela triangular o latina. Fue éste el barco por excelencia de los viajes de descubrimientos, que hubo de abandonarse para viajes regulares que requerían mayor tonelaje. El Diario colombino sólo distingue por sus embarcaciones auxiliares: la nao lleva batel, y las carabelas llevan barca.

Como último factor a tener en cuenta, aún hoy surgen dudas del número de tripulantes que formaban parte de la primera expedición al Nuevo mundo, ya que no se han conservado la totalidad de las nóminas de pago. Se conocen 87 nombres de los 90 hombres que habitualmente se mencionan como la cifra más posible.

Una cuarentena de marineros servían en la Santa María, propiedad de Juan de la Cosa, entre los que figuraban Cristóbal Colón (capitán), Pedro Alonso Niño (piloto), Juan de la Cosa (maestre) y como contramaestre Chachu.

Alrededor de 25 tripulantes formaban la tripulación de los dos barcos más pequeños. En la Pinta, propiedad de Gómez Rascón y Cristóbal Quintero, iba por capitán Martín Alonso Pinzón, por maestre Francisco Martín Pinzón y como

contra maestre Juan Quintero de Algurta. La Niña, propiedad de Juan Niño, estaba capitaneada por Vicente Yáñez Pinzón, a quien ayudaban el piloto Sancho Ruiz de Gama y el contra maestre Bartolomé García; el propio Juan Niño ejercía de maestre.

Como toda flota ésta también llevaba oficiales encargados de velar por el buen funcionamiento de la escuadra. Diego de Arana ejercía de alguacil mayor; Diego Lorenzo de segundo alguacil; Rodrigo de Escobedo de escribano y como veedor actuaba Sánchez de Segovia.

El grueso de la tripulación estaba formado por marineros de Palos, Moguer y Huelva (un total de 70 andaluces); algunos vascos y gallegos (10 en cada caso); y un reducido número de extranjeros: dos portugueses, un genovés, un calabrés y un veneciano. Como intérprete se contaba con un judío converso, Luis de Torres, experto en lenguas orientales, árabe y hebreo. Aunque no consta que formase parte de la tripulación un médico, con ese título universitario, si figuraba un físico, maestre Alonso, vecino de Moguer y un cirujano llamado Juan, a los que ayudaba un tal Diego que hacía las veces de boticario. No faltaba el sastre, Juan de medina, un tonelero vizcaíno, Domingo, o un platero como Cristóbal Caro. No embarcaron ni religiosos ni mujeres.

Toda la tripulación viajaba a cargo de la Corona con sueldos de 2.000 mrs. mensuales para maestros y pilotos, 1.000 mrs. los marineros y 666 mrs. cada grumete.

2.1.5.- Objetivos y resultados del viaje.

Mientras que para Cristóbal Colón, como repite una y mil veces en sus obras, su único objetivo era llegar a Asia mediante una nueva vía por occidente, para la Corona parece hoy claro que el fin último era comercial y económico, sin ningún ánimo religioso, al menos en un principio. Como ya señaló A. García Gallo, la gran preocupación real no era más que intentar restaurar la frágil economía española y compensar la renuncia al tráfico africano hecha en beneficio de Portugal en el tratado de Alcaçobas. Quizá fuera la combinación de todo ello: el deseo de la reina de evangelizar todo el mundo y ganar la carrera a los vecinos portugueses, y el de Colón, además de confirmar sus teorías geográficas, enriquecerse con el oro que según él se engendraba con mayor facilidad en las regiones cercanas al ecuador.

Los resultados de este primer viaje, el más importante jamás emprendido, junto con el de Magallanes-Elcano que circunnavegó la tierra, fueron varios. En primer lugar demostró la posibilidad del camino occidental de la India y el descubrimiento del tornaviaje. El conocimiento práctico de los vientos, que hacían posibles los viajes al Nuevo Mundo y el retorno a la península, abrió el camino para la conquista y colonización de aquel vastísimo continente. Desde el punto de vista territorial sólo se descubrieron de forma imperfecta algunas islas del Caribe y antillana, que serían la primera base de los establecimientos hispanos en el Nuevo Mundo. Fue asimismo importante la "ilusión indiana" que prendió los ánimos de los europeos, aunque eso

ocurriría unos años mas tarde. Como diría A. Ballesteros Beretta "Las tierras feraces, la vegetación exuberante, el dulce clima, las florestas odoríferas, el paisaje de maravilla, los nuevos animales, el tabaco y mil plantas desconocidas para los europeos eran una tangente realidad y las esperanzas fundadas de que el hallazgo de otras muchas maravillas no eran un sueño descabellado" .

2.1.6.- Síntesis cronológica.

1492,	3 agosto	Salida de Palos
	12 agosto	Llegada a la Gomera
	6 septiembre	Salida de la Gomera
	8 septiembre	Se deja la isla de Hierro. Comienza la travesía del Atlántico.
	11 octubre	Colón divisa una luz en la lejanía que anuncia el Nuevo Mundo.
	12 octubre	Tras 33 días de navegación desembarca Colón en la costa occidental de Guanahaní.
	15 octubre	Se descubre la isla Fernandina.
	19 octubre	Se descubre la isla Isabela.
	27 octubre	Se descubre Cuba.
	6 diciembre	Se llega al extremo occidental del la Española.
colón	24-25 diciembre	Naufraga la Santa María; con los restos de la nave hace edificar el fuerte de navidad, primer asentamiento en el Nuevo Mundo.
1493,	16 enero	La Pinta y La Niña emprendían el viaje de regreso. Quedan en el Fuerte de la Navidad 39 españoles
	14 febrero	Martín de Alonso, a causa de una gran tempestad, se separa del convoy.
	15 febrero	Desde la carabela escribe Colón las primeras cartas anunciando el descubrimiento.
	4 marzo	La Niña llega al estuario del Tajo. Visita Colón al Rey de Portugal en el monasterio das Virtudes.
	14 marzo	Llegada de Martín Alonso a Bayona (Galicia).

15 marzo Llegada de Colón a Palos.

Finales abril Colón es recibido por los reyes en Barcelona.

2.2.- Definición de los buques en el siglo XV.

Intentar definir los tipos de naves anteriores al s. XVI es tarea dificultosa que sólo nos puede llevar a conclusiones aproximadas, debido a la total inexistencia de planos de construcción de buques, para lo que se guiaban por reglas empíricas transmitidas por los herreros de ribera, a ello se une la confusión que suponía la diversidad de nombres que adoptaba un tipo concreto, tal es el de la nao llamado así en España, a lo que en Italia se le llamaba carraca o en América urca.

Son escasas las diferencias entre los cascos de época colombina o pinturas contemporáneos, muchos efectuados por artistas sin el conocimiento técnico necesario para darnos una representación exacta de las naves. Precisamente por el carácter poco expresivo de algunas imágenes, ha surgido la errónea idea de que la flotilla colombina la formaban embarcaciones desprovistas de cubierta o al menos pequeñas y estrafalarias, con insuficientes medios de propulsión y gobierno. Sin embargo, sería la flota más adecuada tanto por su construcción como por la propia tripulación y equipamiento, de tal manera que el mismo Almirante anotaría en el prólogo de su Diario que se trataba de buques *muy aptos para semejante fecho... y partí del dicho puerto muy abastecido de muchos abastecimientos.*

Los documentos gráficos, aún siendo algunos desproporcionados, nos dan una imagen completa de la obra muerta, especialmente de la nao y menos concretamente de la carabela, tomando de unos la forma de los castillos a proa y a popa de otros bulárcamas, cintones y cintas, cofas, etc. De entre sus manifestaciones sólo conocemos un modelo tridimensional del Medievo: la nao de Mataró, de hacia 1450, teniendo en cuenta que se trata de un ex voto marino que no aporta unas relaciones reales de sus dimensiones principales básicas.

Imprescindible para el establecimiento de las líneas del casco de las naos son los primeros tratados de construcción españoles, que aún siendo del último tercio del s. XVI, proporcionan los primeros precedentes técnicos importantes: se trata del Itinerario de navegación, de Escalante de Mendoza (1575) y la Instrucción Náutica, de García de Palacio (1587). También, aunque ya de principios de siglo XVII, el Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos, de Thomé Cano (1611).

España sería el primer país en que la fabricación de buques tomaría suficiente importancia para intentar sistematizarla en tratados. Respecto al casco de las carabelas, el arqueólogo nava Augusto Jal tradujo un manuscrito anónimo veneciano del s. XV, sobre construcción de naves latinas, mientras que el comisionado Enrique López Mendoça, miembro del cuarto centenario del Descubrimiento en Portugal, publicó un

manuscrito anónimo portugués de finales del siglo XVI o principios del XVII, : *Libro Náutico de Meio pratico de contrucção dos navios e gales antigas*. Ambos servirán de base para la reconstrucción de las carabelas.

2.2.1.- Las Carabelas

Antes de centrarnos en la embarcación “la Niña”, vamos a definir que es una carabela y algo de su evolución. Su nombre propio lo vemos por primera vez en un documento de villa Nova de Gaia de 1255 (Portugal), donde se aludía a embarcaciones de escaso porte dedicadas al pequeño cabotaje y las más a la pesca por aguas costeras.

Más adelante aquellas embarcaciones ligeras, de aparejo latino, se convirtieron, agrandadas y transformadas, en las más apropiadas para las expediciones portuguesas a las costas africanas en el primer cuarto de siglo XV, presamente por la ligereza de su casco, largo y estrecho de 50 a 100 toneladas de arqueó y por la gran capacidad para ceñir vientos que le proporcionaba el aparejo latino.

En España se nombra por primera vez a la carabela en una relación de la segunda Partida de Alfonso el Sabio, sin embargo, hasta entrado el siglo XV no sabemos de su utilización.

Las referencias documentales de las carabelas aunque mencionan unas condiciones claras de celeridad en la marcha y rapidez en sus evoluciones, no indican un tipo definido de nave sujeto a gálibos o formas determinadas por una fórmula permanente. Hasta tal punto es confuso el nombre de carabela que durante el siglo XVI, cuando se inicia la construcción naval en el Pacífico, los buques que allí recibían el nombre de naos, bergantines, etc. solían llamarse carabelas cuando se citaban en España.

Podemos deducir, dentro de esta imprecisión, en cuanto al casco, que se trataba de buques de alto bordo, propio de las embarcaciones mancas (sin remos y que no usaban remos como propulsión principal), aunque sí en tiempos de calma o circunstancias de pasos difíciles; también, la finura de sus líneas y en consecuencia especial aptitud para barloventear; y, por último la falta de castillo de proa, adoptando en ocasiones la tilla, pequeña cubierta a modo de castillo, nada engallada y sin borda alta, para cobijo de los combatientes. El aparejo de aquellas embarcaciones ligeras, que lo constituían de uno a cuatro palos, aparecerá bien definido en Portugal como latino. Más adelante será cambiado, en las costas andaluzas, por redondo e incluso mixto: con aparejo latino y redondo. Mientras en el Mediterráneo prevaleció el aparejo latino primitivo, como mucho se cruzaba el trinquete, en el Océano serán más usados los de aparejo redondo con cebadera y mesana latina (aparejo de nao) o los dos aparejos izando el más conveniente a los vientos de la travesía.

Normalmente carecían de vela de gavia aunque se podía poner en los palos ocasionalmente los cestos de gavia.

2.2.2.- Ornamento de las naves colombinas.

La austeridad en la construcción naval de la época es manifiesta en los casos de los buques en que sólo se atendía a su fortaleza y navegabilidad y no a las bellezas de formas ni a los elementos decorativos.

Las velas cuadradas del aparejo estaban posiblemente pintadas con cruces de Santiago. Arbolaban distintas banderas: la bandera real de Castilla y León en el palo mayor y el estandarte real con las letras Y y F (Isabel y Fernando) a popa, según consta en el Diario.

- Artillería.

La expedición colombina sin duda no fue de conquista sino geográfica y consecuentemente su armamento no pudo ser de defensa sino de precaución meramente. En este sentido dirá el Almirante que iba provisto de mucha artillería, como sobrada o suficiente. Montaban las naves algunas piezas de artillería: lombardas de hierro, en cureñas sobre cubierta, que arrojaban pelotas de piedra y pequeños falconetes en las bordas que se cargaban con trozos inservibles de hierro. Entre las armas portátiles llevaban ballestas y espingardas.

- Instrumentos náuticos

Respecto a los instrumentos de navegación que llevaba Colón, aparecen citados en el su Diario la aguja magnética, cartas náuticas, cuadrantes y sondaleza; es posible que llevara también el astrolabio y la ballestilla, aunque no los nombra.

Es muy probable que se acompañara de una copia del mapamundi de Toscanelli. También trazaría Colón sus propias cartas de navegación por *estima*, es decir rumbo y distancia: estimaba el rumbo tomando de la brújula y la velocidad de la Santa María, en millas por hora, calculada a ojo por la observación de la intensidad de los vientos, el paso de los sargazos flotantes en el mar y la estela del agua.

2.3.- La Niña

No se conoce ninguna imagen de las naves que utilizara Colón en el primer viaje al Descubrimiento, ninguna representación ni descripción escrita nos ha llegado de ellas. Sólo contamos con algunas referencias, principalmente reflejadas en el Diario de a

bordo del Almirante, extractado por Fray Bartolomé de Las Casas, que nos proporcionan algunos datos de las mismas.

La embarcación que tratamos fue la más pequeña de la armada, construida como la Pinta en Palos, resultó ser la carabela preferida del Almirante.

De nombre “Santa Clara” se llamó siempre La Niña por su propietario, Juan Niño, vecino de Moguer. La mandó Vicente Yáñez Pinzón, hermano del capitán de la Pinta.

Por las declaraciones de varios testigos de los Pleitos Colombinos, sabemos que fue construida es esta Villa: *“Francisco Beltrán declara saber que la Niña estaba construida en Moguer... por lo que este testigo se acuerda cuando hizo dicha Nao e la vido parecer en la ribera de Moguer”*. Alonso Sánchez Camacho al contar una pregunta de los jueces dice: *“Y este testigo ayudó a botar la dicha nao estando en la Ribera de Moguer”*.

Al igual que la Pinta, sus condiciones de maniobrabilidad y estabilidad debían ser excelentes, pues ambas aguantaron muy duros embates de la mar: *“Allende los votos, generales o comunes cada uno en especial su voto, porque ninguno pensaba escapar, teniéndose todos por pedidos, según terrible tormenta que padecían”*. Sin embargo la Pinta, sufría problemas del timón, debido al mal calafateado* del casco y de la mala calidad del palo de mesana. Hasta tal punto se desengañó el Almirante que incluso pensó en la posibilidad de dejarla en Gran Canaria, pero al no encontrar en esta isla una que la sustituyera, decidió continuar con ella, no sin antes hacer reparaciones a fondo en el timón, que no vuelve a fallar en toda la travesía, y de calafatear la obra viva.

+ Calafateado. En la construcción naval se denomina calafatear a la acción de introducir entre dos tablas del casco de madera una combinación de estopa de cáñamo embebida en brea a fin de evitar la entrada de agua. En la actualidad, también se utilizan productos sintéticos para realizar la operación. Esta tarea debe realizarse periódicamente en las embarcaciones a fin de garantizar la estanqueidad de la misma.

La preferida de Colón, era la Niña, de la cual dice con admiración: *“Aquí comenzó a tener grande mar y tormenta, y, si no fuera la carabela diz que muy buena y bien aderecada temiera perderse”*. Según dice el Diario, era la más rápida: *“La carabela Niña que va delante por ser velera y endovan quien más podía”*.

En las Palmas se cambió su aparejo latino por redondo, igual al de la Pinta, según dice el hijo de Colón, Fernando. El nuevo aparejo de la Niña debió ofrecer un aspecto similar al de la carabela Pinta, excepto que carecía de cofa en su palo mayor, no tenía mastelero ni gavia y le faltaba cebadera.

Una vez en el nuevo continente, la Santa María fue perdida, el día de navidad, debido a un descuido del grumete que llevaba el timón, encalló en una playa y acabó perdiéndose. Algunos autores sitúan el lugar del naufragio en la bahía del Caracol de la

isla de Haití. Y aquí, con sus restos se levantó el primer asentamiento español en el continente americano: el Fuerte Navidad.

Debido a esto, Colón elige a la Niña como capitana al embarcar en ella, a pesar de ser más pequeña que la Pinta, lo que confirma la bondad de esta embarcación. Bajo su mando, pone rumbo a la Península Ibérica el día 16 de enero, iniciando así el tornaviaje, con 16 hombres a bordo y dejando 36 tripulantes en el nuevo asentamiento. Recaló en la isla de Santa María, del archipiélago de las Azores, el 18 de febrero, y entrar en Lisboa el 4 marzo. Sale de la capital lusa el 13 del mismo mes y por fin, dos días más tarde, fondea a la sombra del monasterio de la Rábida (Palos de la frontera – Huelva).

Es la única embarcación de la que tenemos constancia de su porte, de alrededor de 60 toneladas según Michel Cúneo, que así lo dice refiriéndose a la Niña del segundo viaje, buque almirante de la exploración de Cuba en que fue Cuneo y que parece tratarse del mismo buque del primer viaje.

2.4.- Características de la Niña

La construcción de las réplicas de las Naves del Descubrimiento, con motivo del Quinto Centenario del Descubrimiento de América, y como objetivo eran dos fundamentales: el primero de ellos repetir el viaje de Colón y los hermanos Pinzón, reproduciendo fielmente la ruta seguida por los marinos españoles en los meses de agosto septiembre y octubre de 1492. Y como segundo objetivo, potenciar la investigación sobre las tres naves descubridoras, así como avanzar en los conocimientos de la construcción naval, la navegación y la vida cotidiana de los hombres de la mar en los siglos XV. Las características de la réplica de la Niña construida en la base militar de Cartagena y botada el 4 de octubre de 1990, son las siguientes:

- Eslora

Máxima casco (m)	21,40
------------------	-------

Quilla (m)	15,55
------------	-------

- Manga

Manga máxima (m)	6,28
------------------	------

- Puntal

Puntal (m)	2,00
------------	------

- Desplazamiento	
Desplazamiento en rosca (t)	48,66
Desplazamiento máximo (t)	100,30
- Altura	
Palo mayor sobre cubierta (m)	16,00
Palo trinquete sobre tillo (m)	9,80
Palo mesana sobre tolda (m)	8,15
- Superficie	
Vela mayor (m ²)	115,70
Vela Trinquete (m ²)	40,60
Vela Mesana (m ²)	22,55
Vela Gavia* (m ²)	-
Vela Cebadera* (m ²)	-

*Solo la Santa María llevaba en su aparejo vela Gavia y Cebadera.

Todos los materiales utilizados en dichas construcciones, han sido los mismos que utilizaron los carpinteros que armaron las tres naves que realizaron el descubrimiento a finales del siglo XV. Estos materiales son los siguientes.

- Estructura: Roble
- Forros: Pino
- Palos: Roble
- Timón: Roble
- Jarcias: Cáñamo
- Velas: Lino
- Anclas: Hierro
- Clavazón: Hierro
- Calafateado: Estopa de cáñamo

Más adelante estos materiales se utilizarán para el cálculo del escantillonado y se darán las razones de su uso.

En cuanto a la estabilidad, los buques han pasado las pruebas de estabilidad oficiales obteniendo los pares límites de adrizamiento siguiente:

- Santa María y Pinta: 73° de balance medio
- Niña: 83° de balance medio

La navegación a vela, después de haber navegado 10.000 millas y con toda clase de mar y viento conocemos el comportamiento de las carabelas en las distintas circunstancias que se pueden encontrar a lo largo de sus largas travesías.

Como característica general, las carabelas pueden navegar a vela hasta 70° al viento, ángulo de ceñida muy satisfactorio, dada las características de estas naves, y sobre todo de su aparejo, no olvidemos que dos de sus velas son cuadradas. Con vientos portantes de aleta y buena mar, para las carabelas se obtiene el siguiente cuadro de avances medios:

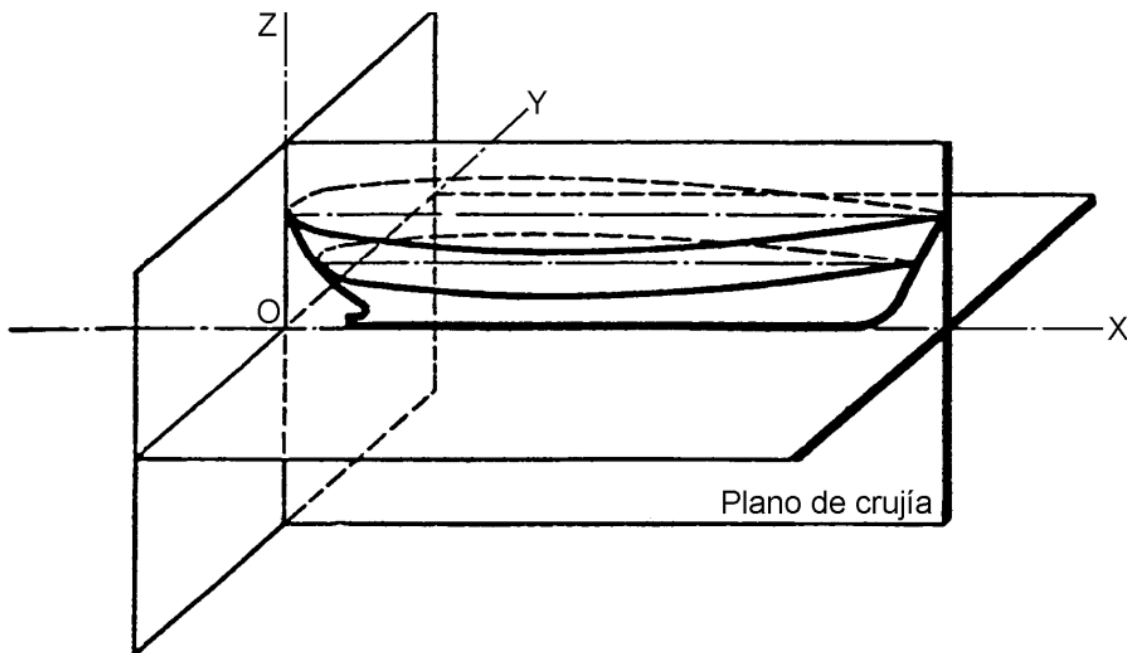
Velocidad viento (kn)	10	15	20	25	30
Velocidad nave (kn)	2,5 a 3	4	5	6	7

Capítulo 3.- Caracterización del buque. Diseño.

3.1.- Planos

3.1.1.- Plano de formas y curvas características del buque.

La base fundamental para poder estudiar las características geométricas que definen el casco de un buque es tener la representación de sus formas trazadas a escala. Dicho trazado es lo que se denomina plano de formas. Constituye también el punto de partida para la fabricación del casco, lo cual requiere que esté alisado, es decir que sus formas sean suaves y no presenten discontinuidades que no formen parte del casco. Para su representación es necesario considerar un sistema de referencia tridimensional ortogonal asociado al barco, es decir, el triedro de tres ejes perpendiculares entre sí.



El plano diametral o plano de crujía en su intersección con los otros dos planos que forman el triedro de referencia da lugar a los ejes principales, denominándose Línea de Crujía a la intersección del casco con dicho plano, así como a su traza en las tres proyecciones. Se llama plano base al plano paralelo a la flotación de trazado que pasa por el canto superior de la quilla en la sección media. A la intersección del plano base con el de crujía se le llama línea base.

Consideramos el sistema de referencia situado en la intersección de la línea base con la sección nº 0, siendo el eje X en la dirección longitudinal del buque en el sentido del avance, el eje "Z" en la dirección vertical, quedando el eje "Y" para las semimangas

en dirección perpendicular al sentido de avance del buque, siendo positivo en el sentido hacia estribor y negativo a babor. Es decir:

Se consideran como ejes:

Eje OX: el de dirección Proa-Popa ó sentido longitudinal.

Eje OY: el de dirección Estribor-Babor ó sentido transversal.

Eje OZ: el de dirección Quilla-Cubierta ó sentido vertical.

Respecto al eje OX longitudinal existen dos criterios fundamentales:

Criterio europeo: sentido positivo de Popa a Proa.

Criterio americano: sentido positivo de Proa a Popa.

Respecto al eje OY transversal:

Criterio europeo: sentido positivo Estribor a Babor.

Criterio americano: sentido positivo de Babor a Estribor.

Respecto al eje OZ vertical el sentido positivo es de Quilla a Cubierta.

Origen O: su ubicación transversal es siempre el plano de crujía o plano de simetría del barco y su ubicación vertical varía al variar la línea base. Respecto a la ubicación longitudinal existen dos criterios, que son:

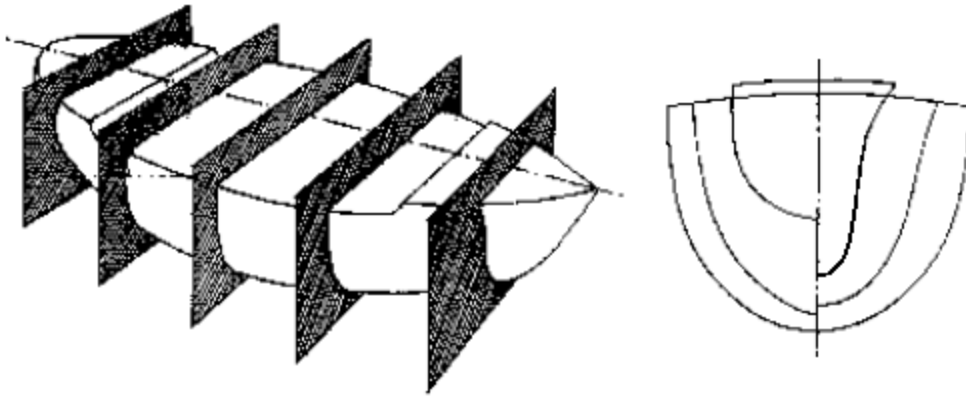
Criterio europeo: está situado en la perpendicular de popa siendo la ubicación más utilizada desde el punto de vista de diseño y construcción.

Criterio americano: está situado en la perpendicular de proa.

El objetivo final de cualquier diseño es su construcción, y para poderla llevar a cabo es necesario trasladar las formas y dimensiones del objeto en cuestión al proceso constructivo. La forma de representación del casco de un barco es mediante su Plano de Formas. Un plano de formas consta de un conjunto de líneas representadas en tres proyecciones ortogonales, obtenidas al cortar el buque por un sistema de planos paralelos a los tres planos del triedro trirrectángulo. Los nombres que reciben estas líneas en las tres proyecciones son:

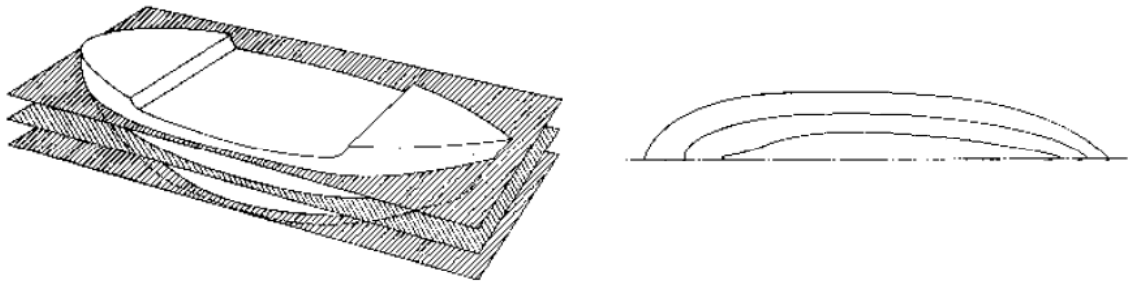
- Proyección en un plano transversal, conteniendo a los ejes OY y OZ.

Los cortes del casco con planos transversales, se denominan cuadernas de trazado o secciones de trazado, y el conjunto de todas ellas se dispone en una vista del plano que se denomina caja de cuadernas.



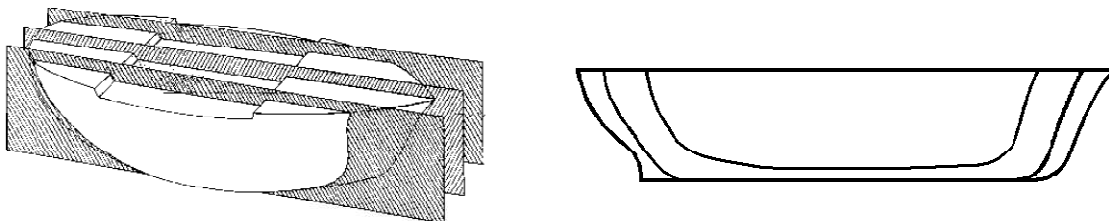
- Proyección en un plano horizontal, conteniendo a los ejes OX y OY.

Los cortes del casco con planos paralelos horizontales, paralelos a la flotación, se denominan Líneas de Agua. Sólo se representan en la mitad del barco por ser simétrico.



- Proyección en un plano longitudinal, conteniendo a los ejes OX y OZ.

Los cortes del casco con planos longitudinales paralelos al plano de crujía, y por tanto perpendiculares a los dos anteriores, se denominan Líneas Longitudinales o Longitudinales.



Una particularidad a tener muy en cuenta es que, en el caso de cascos metálicos, la superficie de trazado viene determinada por el canto exterior de las cuadernas, denominándose trazado fuera de miembros, por lo que el forro exterior se considera apéndice. La importancia desde el punto de vista de trazado en plano y a escala, es relativa, dado que espesores de diez milímetros de plancha a escala 1/100 representaría una décima de milímetro en papel, lo que llevaría a errores muy pequeños y prácticamente despreciables, no siendo así, en cambio, en buques de materiales compuestos ni de madera dado que el espesor del forro no puede en ningún caso despreciarse, máxime al ser las escalas de trazado menores por los propios tamaños de este tipo de embarcaciones, pudiendo dar lugar a errores importantes. En el caso de

materiales no metálicos el trazado se realiza fuera de forros, es decir las líneas de trazado tienen en cuenta el espesor del forro exterior.

Hay que tener presente que en las proyecciones longitudinal y horizontal el barco se dibuja con la proa a la derecha. En la proyección horizontal, que se sitúa en debajo de la proyección longitudinal, sólo se dibujan las líneas de agua de babor, al ser el barco simétrico. En la caja de cuadernas, se sitúan las secciones de proa a la derecha de la traza de la línea de crujía, y las de popa a la izquierda de la misma.

La línea de agua cero será la correspondiente al plano base y la línea de agua cuatro (4) es la flotación de trazado, quedando el buque con un calado de dos metros, dividiendo se obtiene una separación de 0,5 metros, añadiendo cuatro líneas de agua más, hasta un total de ocho, además de dos adicionales con una separación de 0,30 metros para una total definición de todo el puntal.

Se adjunta en el anexo, como plano numero 1, el plano de formas correspondiente a la embarcación “La Niña”.

3.1.2.- Disposición general.

Se adjunta en el anexo, como plano número 2, el plano de disposición general de las cubiertas, en el que se representa la vista superior de la cubierta principal, la cubierta tilla y tolda.

3.1.3.- Disposición bajo cubierta.

Se adjunta en el anexo, como plano número 3, el plano de la disposición bajo cubierta, donde se representa la vista superior del interior del buque, donde se pueden apreciar la localización de los diferentes tanques, arcones y lechos.

3.1.4.- Velamen.

Para la representación de las velas y arboladura, se adjunta en el anexo, 3 planos número 4. Como plano número 4.1, se define el plano vélico. En ellos se pueden apreciar las dimensiones del velamen utilizado en el viaje al descubrimiento.

3.2.- Cartilla de trazado

Las formas de un barco quedan definidas mediante la cartilla de trazado, consistente en una serie de cifras que representan puntos en el espacio, consistentes en las semimangas que corresponden a la **intersección de las líneas de agua con las secciones**. Además, se dispone en la cartilla de trazado de los pies de cuadernas y de las **intersecciones de la/s cubierta/s con las cuadernas**, para tener definidos el principio y fin de las mismas. Es importante señalar que para una total definición de las formas es

necesario disponer de **croquis con los perfiles de proa y popa**, para tener definida la parte superior de la roda, el codaste y la popa (espejo, crucero).

3.2.1. Características principales.

Dimensiones principales

Eslora máxima del casco.....	21.40 m
Eslora en cubierta	19.35 m
Eslora entre perpendiculares.....	18.00 m
Eslora en la flotación de máxima carga.....	19.30 m
Eslora de quilla.....	15.55 m
Manga máxima fuera de forros.....	6.28 m
Puntal en construcción.....	2.00 m

Dimensiones secundarias:

Separación entre cuadernas.....	1.500 m
Separación entre longitudinales.....	1.05 m
Altura de las líneas de agua.....	0.5 m

3.2.2. Semimangas de la intersección de las líneas de agua con las secciones.

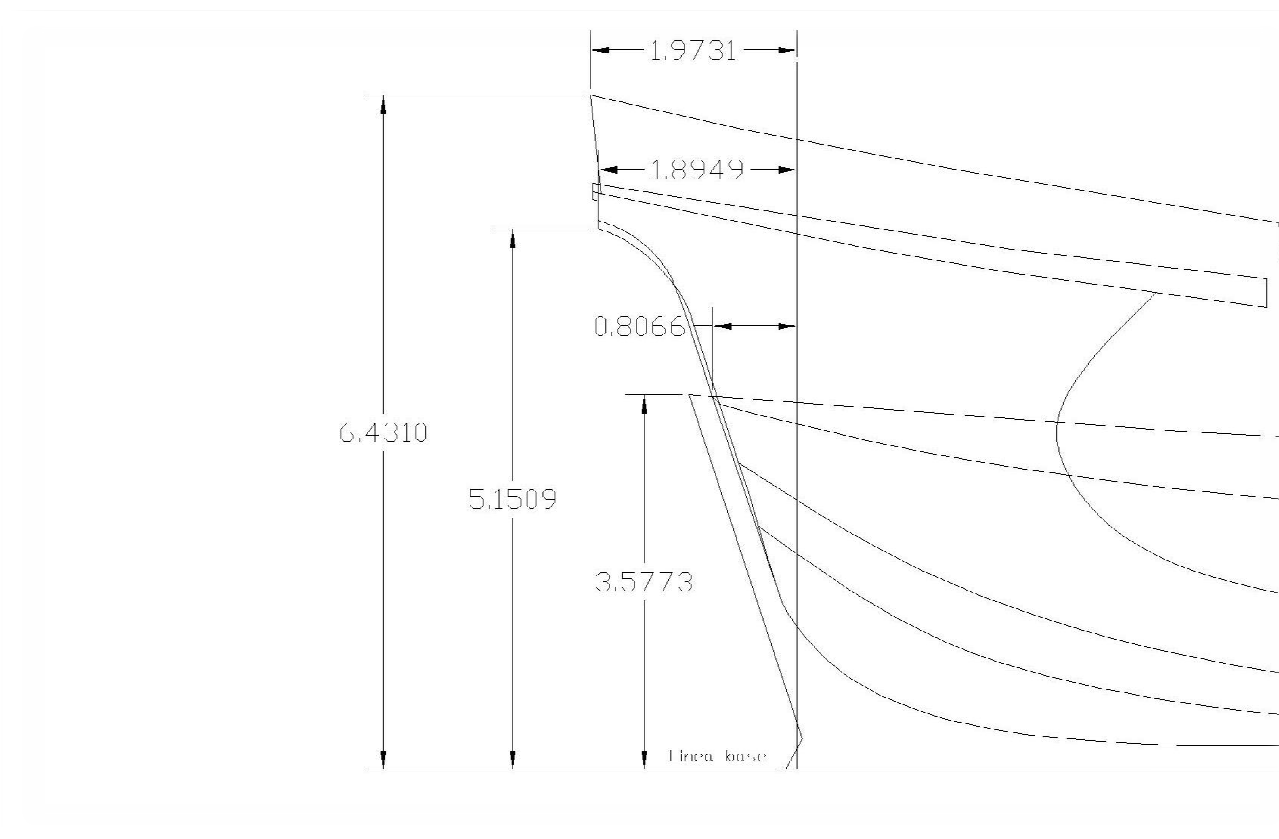
Flotaciones	Sec.0	Sec.1/2	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9	Sec.9 .1/2	Sec.10
Flot.1/2	0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0	—	—
Flot.1	0	0,12	0,201	0,872	1,555	2,068	2,322	2,253	1,754	0,778	0	—	—
Flot.2	0	0,12	0,711	1,74	2,383	2,665	2,756	2,751	2,362	1,457	0	—	—
Flot.3	0	0,384	1,367	2,385	2,766	2,92	3,002	2,987	2,705	1,91	0,454	0	—
Flot.4	0	1,18	2,041	2,663	2,92	3,051	3,102	3,081	2,895	2,222	0,762	0	—
Flot.5	0	1,869	2,333	2,733	2,955	3,071	3,14	3,121	2,963	2,41	1,034	0,12	0
Flot.6	0	2,144	2,401	2,751	2,954	3,063	3,123	3,111	3,004	2,533	1,252	0,222	0
Flot.7	0	2,145	2,368	2,71	0	—	—	—	0	2,634	1,453	0,447	0
Flot.8	0	2,171	2,372	2,683	0	—	—	—	—	0	1,611	0,604	0

3.2.3. Semimangas de la intersección de las cubiertas con las cuadernas.

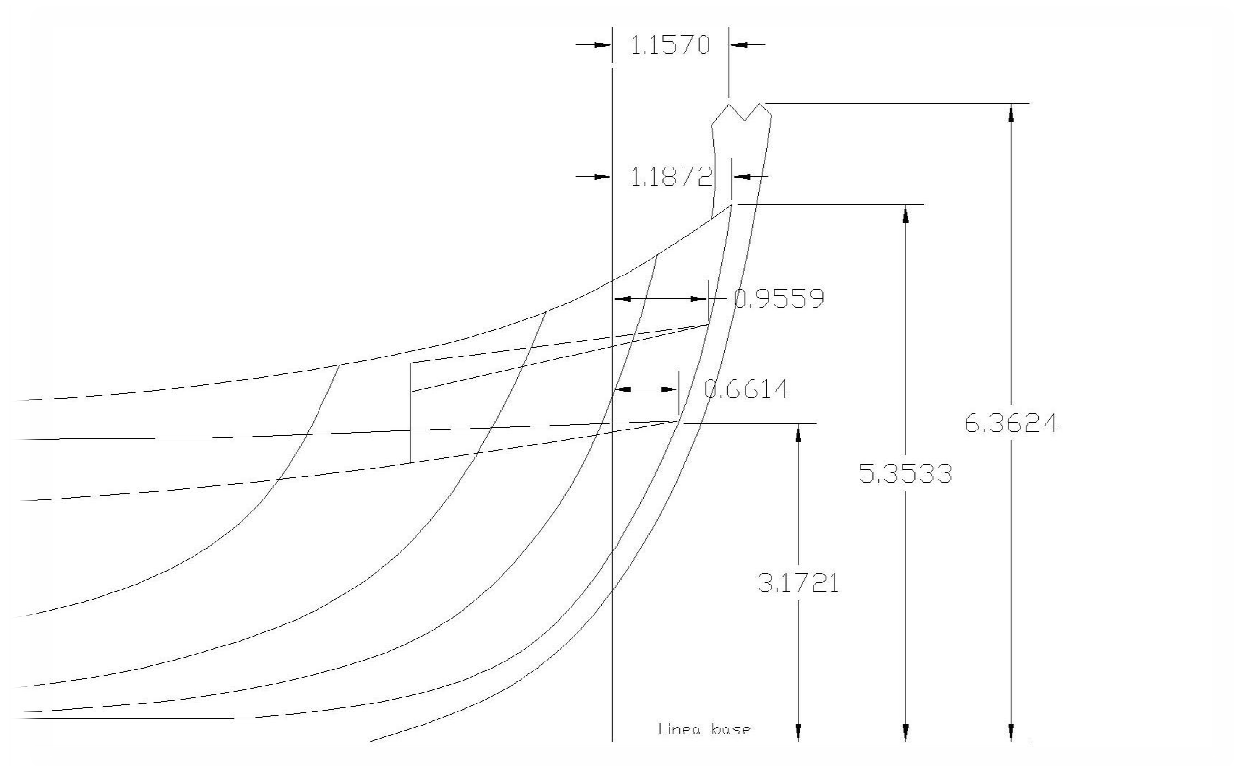
Sección/Cubierta	Principal		Tolda		Tilla	
	y	z	y	z	y	z
Espejo	1,97	3,81	1,68	5,29	-	-
0	2,16	3,76	2,09	4,89	-	-
3	2,51	3,73	2,39	4,62	-	-
6	2,75	3,74	2,64	4,37	-	-
9	2,92	3,76	2,81	4,19	-	-
12	3,02	3,76	-	-	-	-
15	3,09	3,77	-	-	-	-
18	3,13	3,78	-	-	-	-
21	3,14	3,79	-	-	-	-
24	3,11	3,80	-	-	-	-
27	2,97	3,75	-	-	-	-
30	2,60	3,56	-	-	-	-
33	1,89	3,24	-	-	2,16	3,38
36	0,78	2,97	-	-	1,11	3,72

3.2.4.- Croquis de los perfiles de proa y popa.

3.2.4.1.- Perfil de popa.



3.2.4.2.- Perfil de proa.



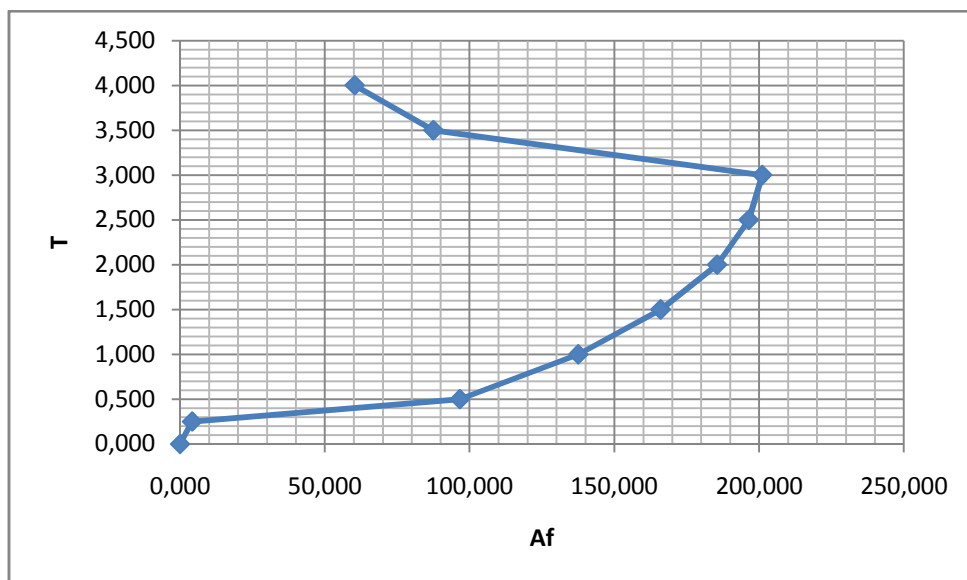
3.3.- Curvas hidrostáticas.

Las curvas hidrostáticas no son más que unos diagramas que representan distintas características geométricas del buque, calculadas a partir del plano de formas o de la cartilla de trazado. Representan determinados parámetros del buque en función del calado T, con la característica típica de que el calado se pone en el eje de ordenadas. Son las siguientes:

3.1.- Área de la flotación.

Es la curva básica para obtener todas las demás. Para un calado dado, el área de la flotación se obtiene integrando las distintas semimangas a lo largo de la eslora en la flotación correspondiente a ese calado.

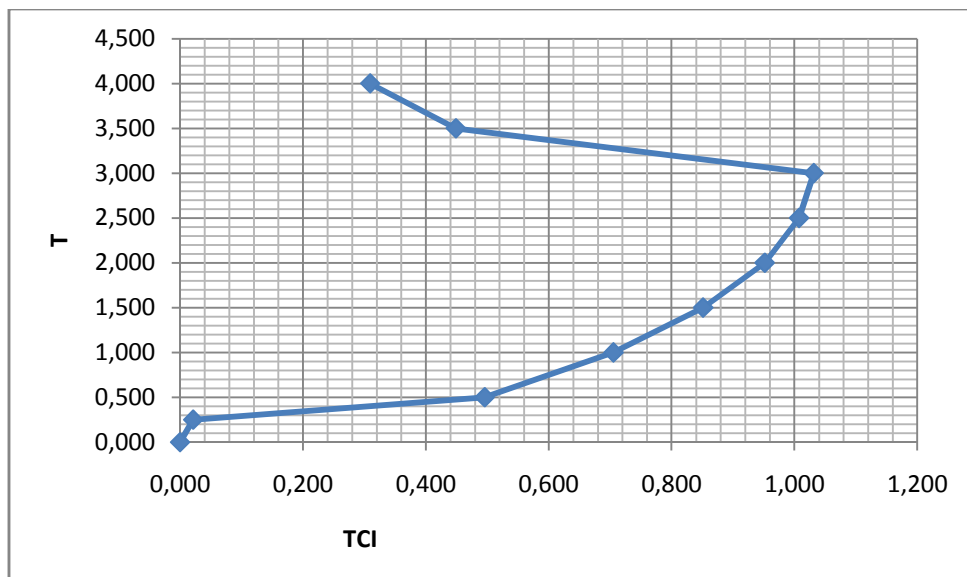
T	Af (m ²)
0,000	0,000
0,250	4,143
0,500	96,642
1,000	137,527
1,500	165,956
2,000	185,499
2,500	196,385
3,000	201,047
3,500	87,488
4,000	60,300



3.2.- Toneladas por centímetro de inmersión.

Sea un buque al que para un calado T dado, le corresponde un área de la flotación A_f y un volumen de carena, y por tanto, un desplazamiento. Supongamos que a partir de esta situación se le carga un peso que le produzca una variación paralela "infinitesimal" de calado dT . Si el buque estaba en equilibrio, su peso tenía que ser igual a su empuje, es decir, su desplazamiento. Al cargar el peso, para que siga en equilibrio, este peso tendrá que ser compensado con el incremento de empuje correspondiente a una variación de calado. Si esta variación de calado lo consideramos como un centímetro, entonces el diferencial de volumen será igual a las toneladas por centímetro de inmersión (TCI), es decir, las toneladas que es preciso cargar para que ese calado varíe un centímetro.

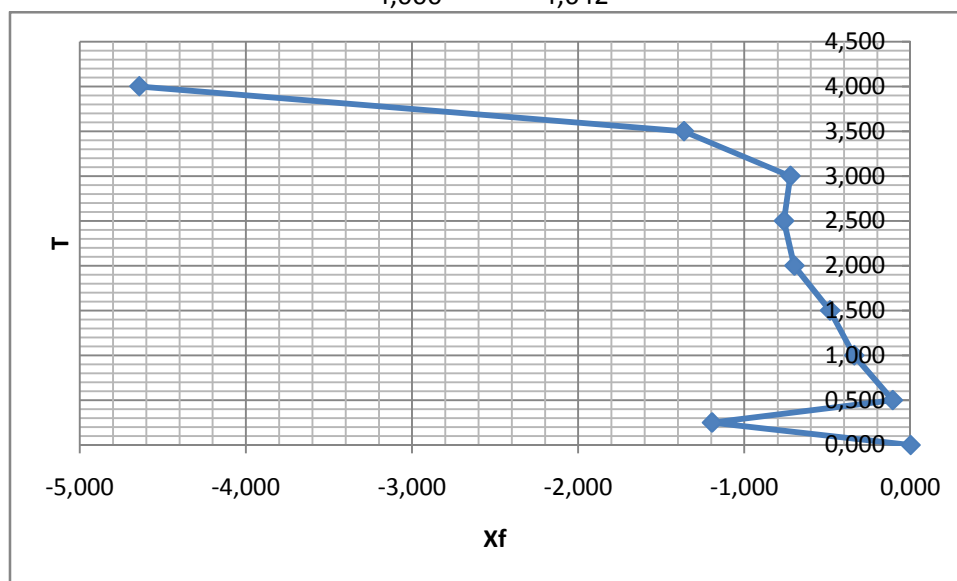
T	TCI (t)
0,000	0,000
0,250	0,021
0,500	0,496
1,000	0,706
1,500	0,851
2,000	0,952
2,500	1,007
3,000	1,031
3,500	0,449
4,000	0,309



3.3.-Abscisa del centro de gravedad de la flotación.

Como ya sabemos, la posición del c.d.g. del área de las distintas flotaciones se obtiene dividiendo el momento estático de esta área, respecto del origen que estemos considerando, entre el área. Estos valores pueden ser positivos a proa de la sección media, o negativos si se encuentra a popa de dicha línea.

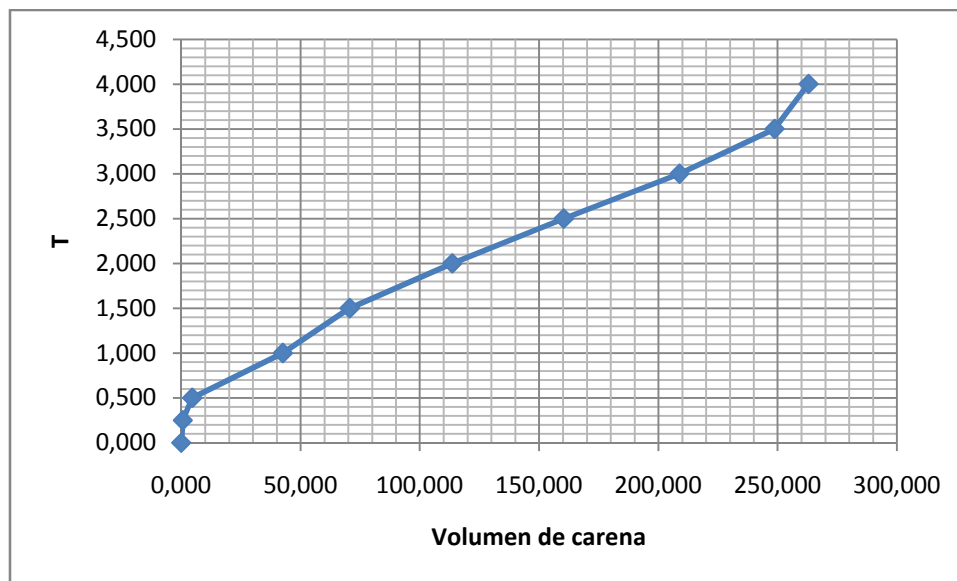
T	Xf (m)
0,000	0,000
0,250	-1,195
0,500	-0,107
1,000	-0,339
1,500	-0,484
2,000	-0,699
2,500	-0,762
3,000	-0,723
3,500	-1,364
4,000	-4,642



3.4.- Volumen de trazado.

El volumen de trazado, correspondiente a cada flotación, es el volumen que se calcula con las lecturas de la cartilla de trazado. Podemos calcularlo a partir de las áreas de las secciones a cada calado, o a partir de las áreas de flotación.

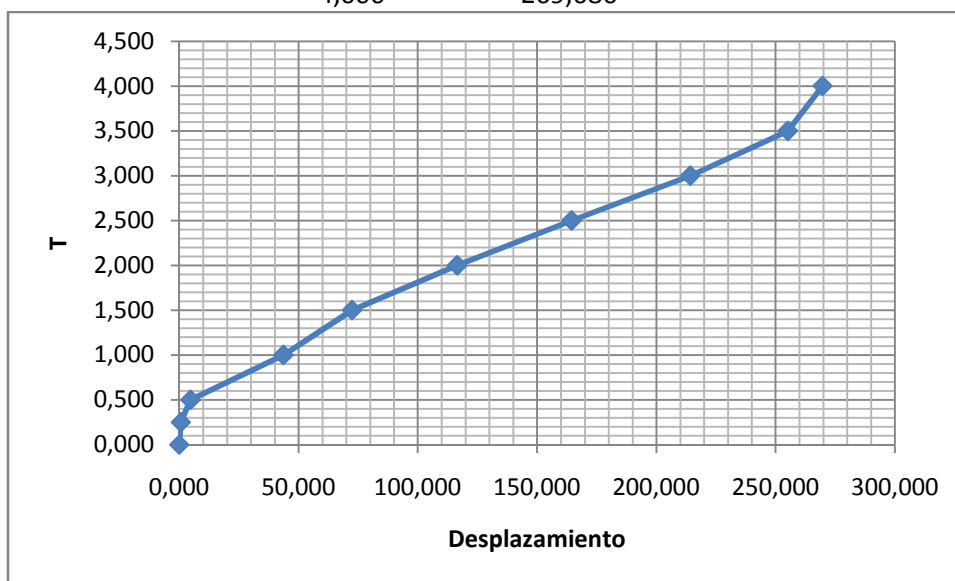
T	Volumen (m ³)
0,000	0,000
0,250	0,645
0,500	4,598
1,000	42,568
1,500	70,607
2,000	113,570
2,500	160,303
3,000	208,825
3,500	248,677
4,000	262,852



3.5.- Curvas de desplazamiento.

El desplazamiento (toneladas) se calcula multiplicando el volumen de carena (m^3) por el peso específico supuesto ($1,025 \text{ t/m}^3$) constante. Esta curva es probablemente la que más se utiliza de todas. Si tenemos en cuenta que existe una relación biunívoca entre calados y desplazamientos, es decir, a un calado dado le corresponde un único desplazamiento y recíprocamente, en las curvas hidrostáticas podemos entrar tanto con el calado como con el desplazamiento.

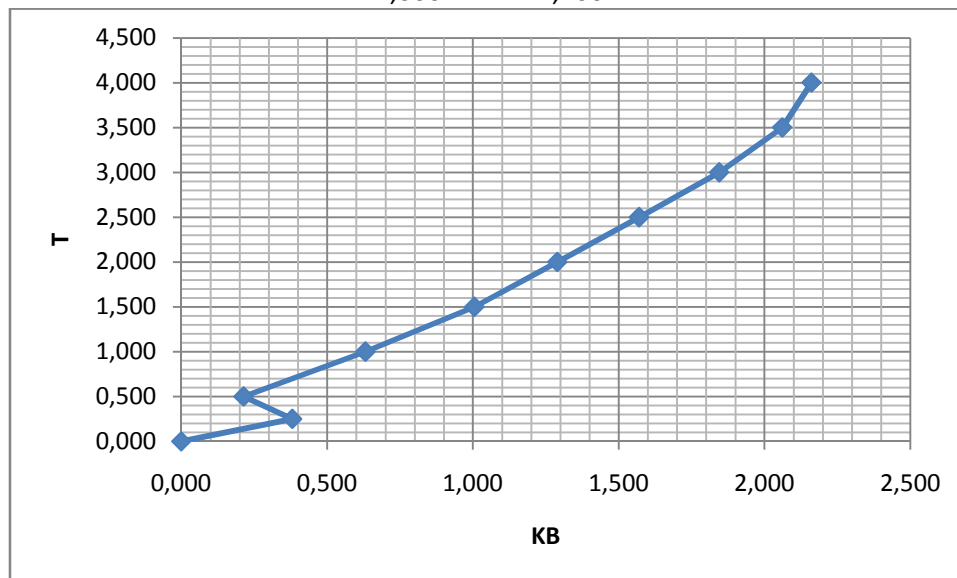
T	Desplazamiento (t)
0,000	0,000
0,250	0,661
0,500	4,717
1,000	43,675
1,500	72,443
2,000	116,523
2,500	164,471
3,000	214,254
3,500	255,143
4,000	269,686



3.6.- Altura del centro de carena sobre la base.

Obtenido como resultado del cociente entre el momento estático del volumen de carena respecto al plano base y el volumen de carena.

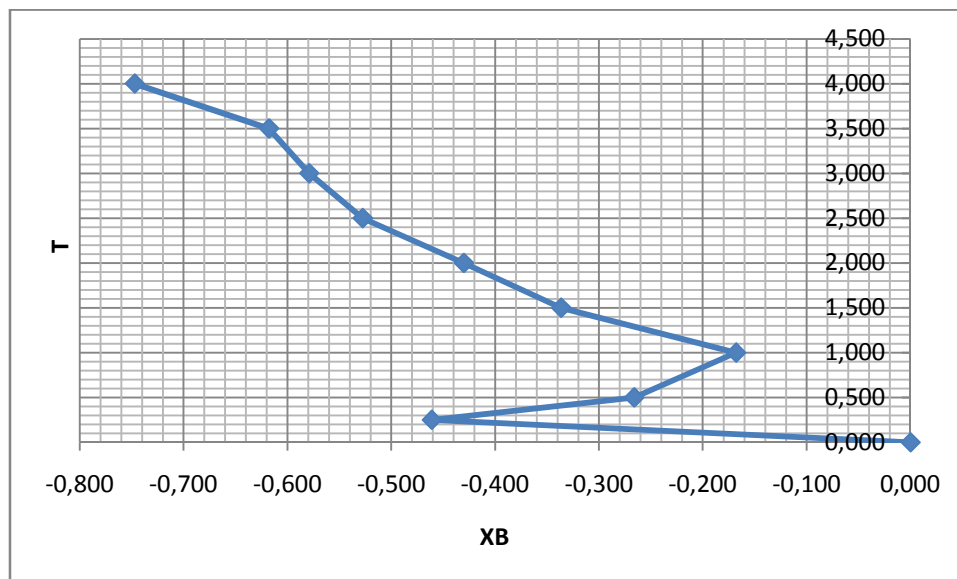
T	KB (m)
0,000	0,000
0,250	0,381
0,500	0,213
1,000	0,631
1,500	1,005
2,000	1,289
2,500	1,569
3,000	1,844
3,500	2,060
4,000	2,160



3.7.- Abscisa del centro de carena.

Resultado del cociente del momento estático del volumen de carena con respecto a la sección media, dividido entre el volumen de carena.

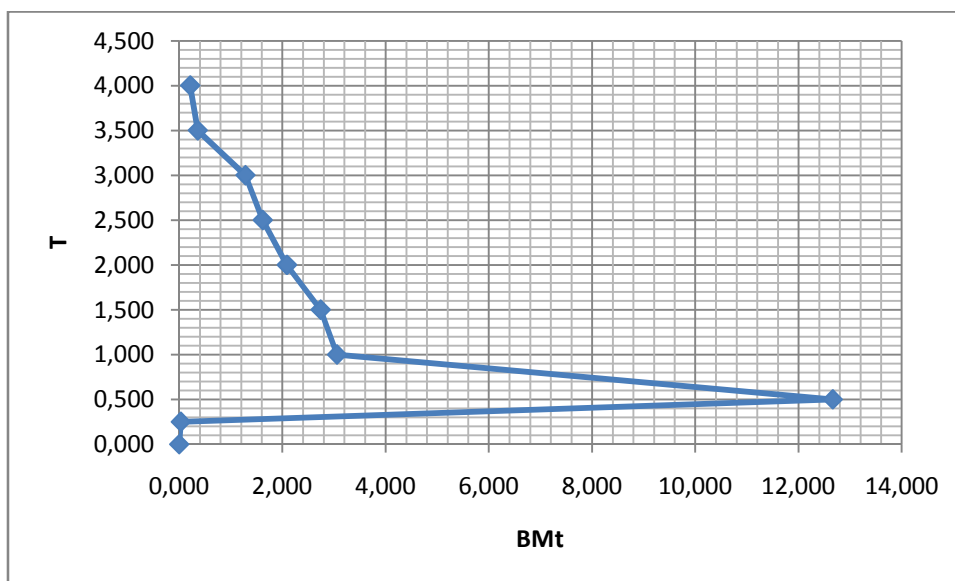
T	XB (m)
0,000	0,000
0,250	-0,461
0,500	-0,266
1,000	-0,168
1,500	-0,336
2,000	-0,430
2,500	-0,528
3,000	-0,579
3,500	-0,618
4,000	-0,747



3.8.- Radio metacéntrico transversal.

El radio metacéntrico transversal (BM_t) es el radio de curvatura de la curva que describe el centro de carena, al girar el buque un ángulo infinitesimal en el plano transversal, manteniendo constante el volumen sumergido, y se calcula mediante el coeficiente del momento de inercia del área de la flotación respecto a un eje longitudinal que pasa por su centro de gravedad, entre el volumen de carena.

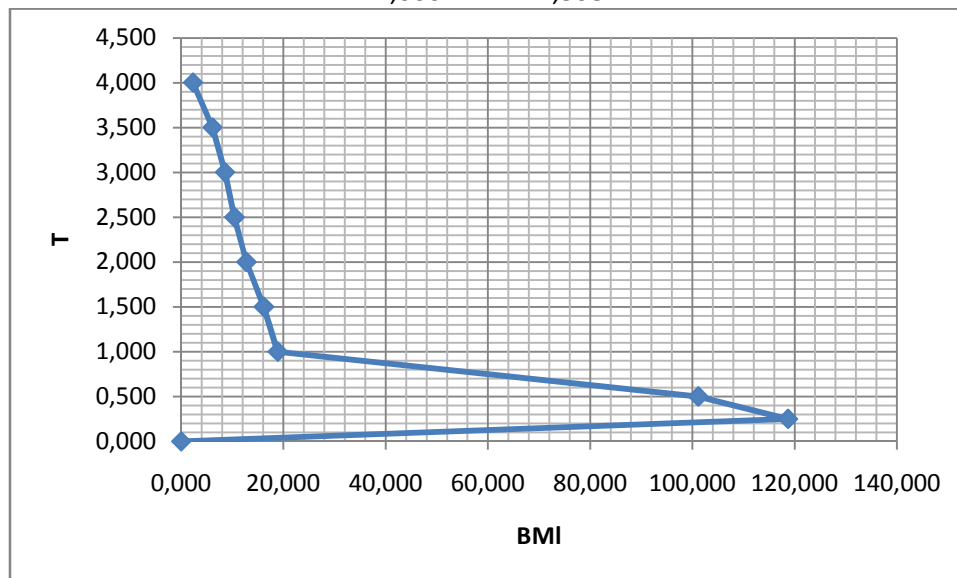
T	BM_t (m)
0,000	0,000
0,250	0,031
0,500	12,666
1,000	3,058
1,500	2,740
2,000	2,086
2,500	1,618
3,000	1,284
3,500	0,358
4,000	0,214



3.9.- Radio metacéntrico longitudinal.

Es igual que en el caso anterior pero en este caso el momento de inercia es respecto al eje de transversal que pasa por el centro de gravedad de la flotación.

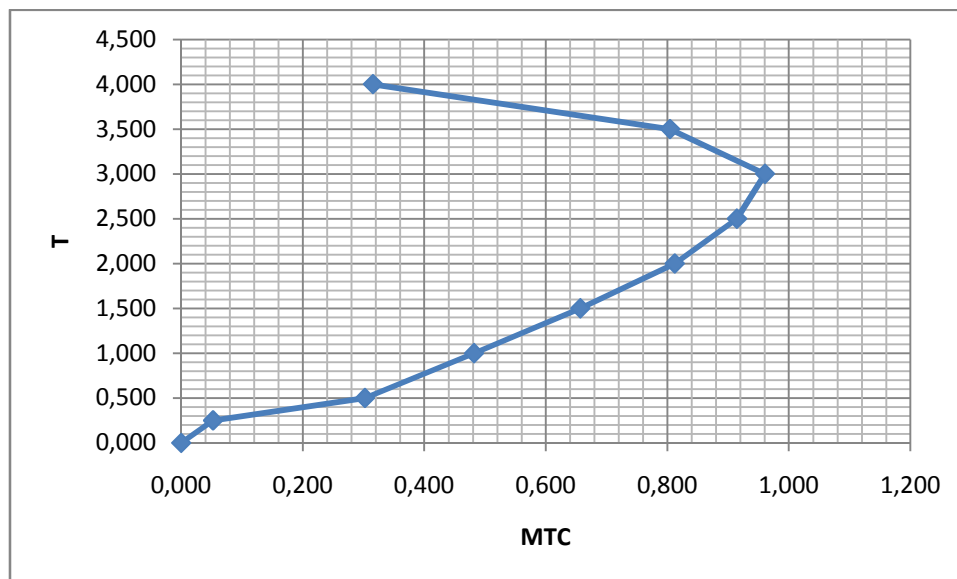
T	BM _l (m)
0,000	0,000
0,250	118,656
0,500	101,117
1,000	18,869
1,500	16,157
2,000	12,748
2,500	10,417
3,000	8,560
3,500	6,127
4,000	2,308



3.10.- Momento para alterar el trimado un centímetro.

Es el momento necesario para modificar el trimado del buque (diferencia de calados en las perpendiculares) un centímetro para cada flotación. Las unidades son t.m/cm.

T	MTC (t.m)
0,000	0,000
0,250	0,052
0,500	0,302
1,000	0,482
1,500	0,657
2,000	0,812
2,500	0,915
3,000	0,961
3,500	0,805
4,000	0,316



3.11.- Coeficientes de forma.

Coeficiente de bloque (C_b):

Es la relación entre el volumen de la carena de un casco y el paralelepípedo que lo contiene.

Coeficiente de flotación (C_f):

Se define como coeficiente de flotación a la relación entre el área del plano de flotación y el área del rectángulo que la circunscribe.

Coeficiente prismático vertical (C_{pv}):

Se define como coeficiente prismático **C_{pv}** a la relación entre el volumen de la carena y el volumen de un cilindro cuya base tiene igual área que la flotación.

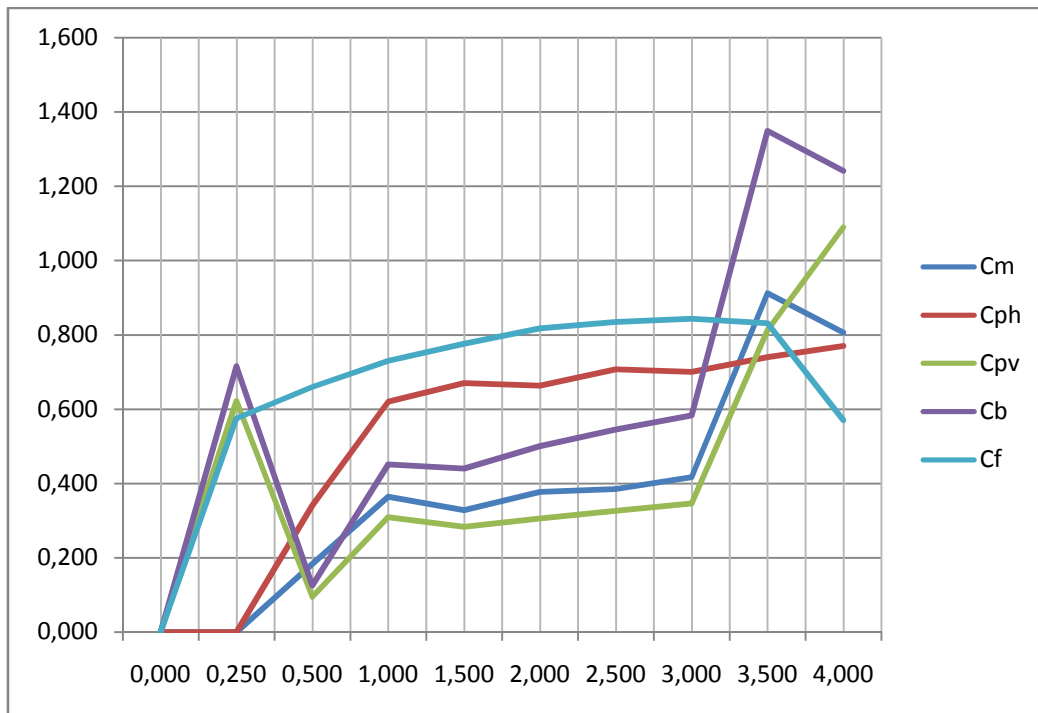
Coeficiente prismático horizontal (C_{ph}):

Se define como coeficiente prismático **C_{ph}** a la relación entre el volumen de la carena y el volumen de un cilindro cuya base tiene igual área que la sección maestra.

Coeficiente de sección maestra (C_m):

Se define como coeficiente de sección maestra **C_m** a la relación entre el área de la sección maestra y el rectángulo que la circunscribe.

A continuación se representan todos estos coeficientes en función del calado:



Capítulo 4.-Cálculos justificativos.

4.1.-Determinación del arqueo.

El arqueo es un indicador del tamaño del buque por el volumen que puede almacenar en su interior. Hay dos tipos de arqueo:

- Arqueo bruto, que es el volumen total del buque.
- Arqueo neto, que es el volumen utilizable del buque.

Determinación del arqueo:

Se comienza dividiendo el barco en 7 secciones, empezando por la perpendicular de proa y terminando por la perpendicular de popa (imagen 1):

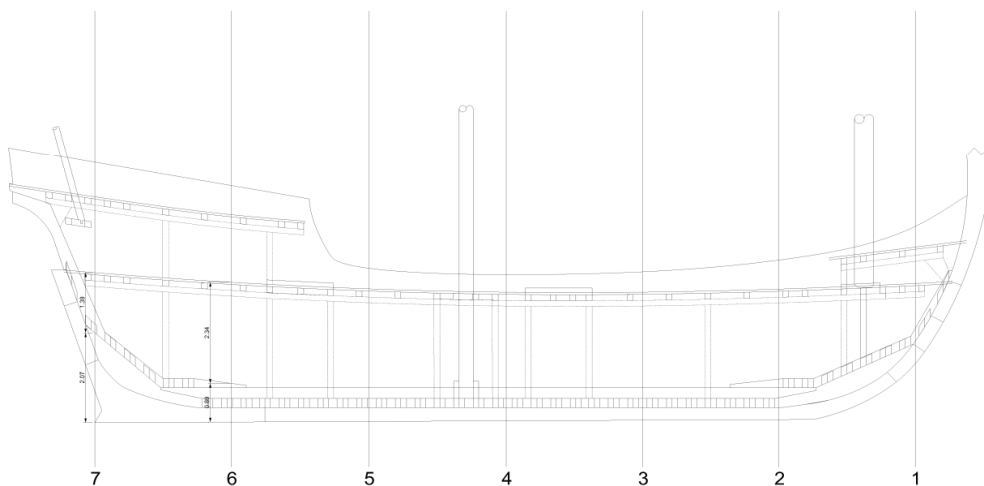


Imagen 1

Una vez definidas las secciones, se mide la manga dentro de miembros de las mismas. Tomando 5 mangas equiespaciadas entre ellas (imágenes 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8):

Sección 1

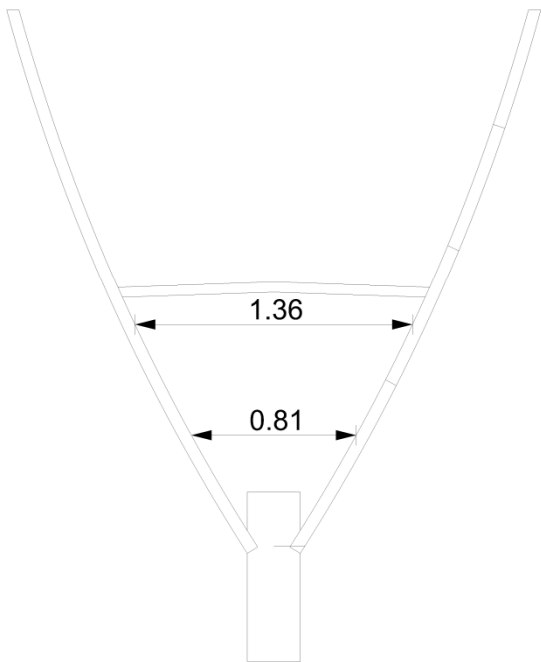


Imagen 2

Sección 2

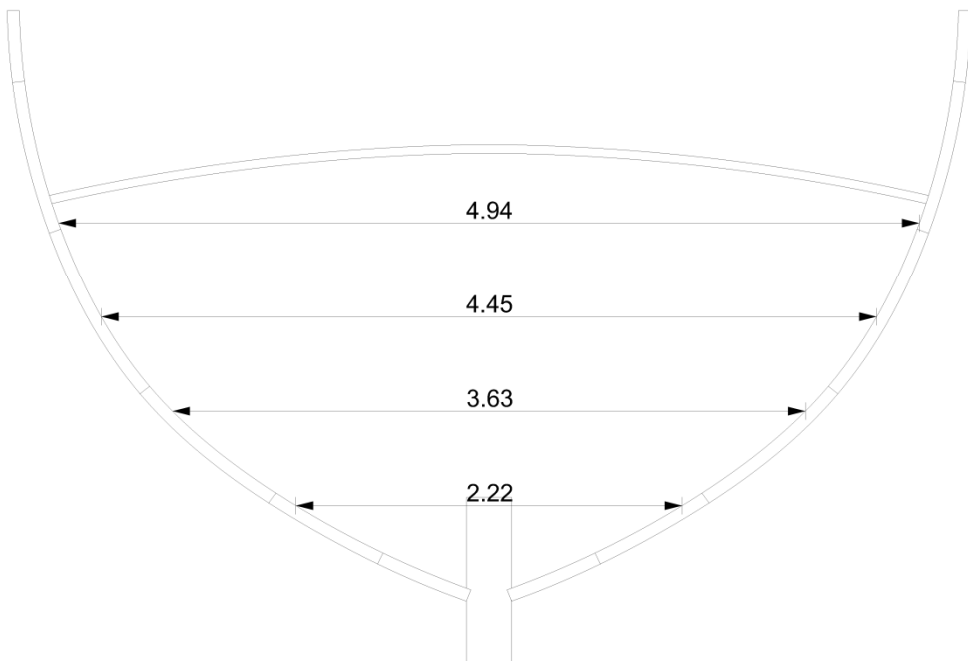


Imagen 3

Sección 3

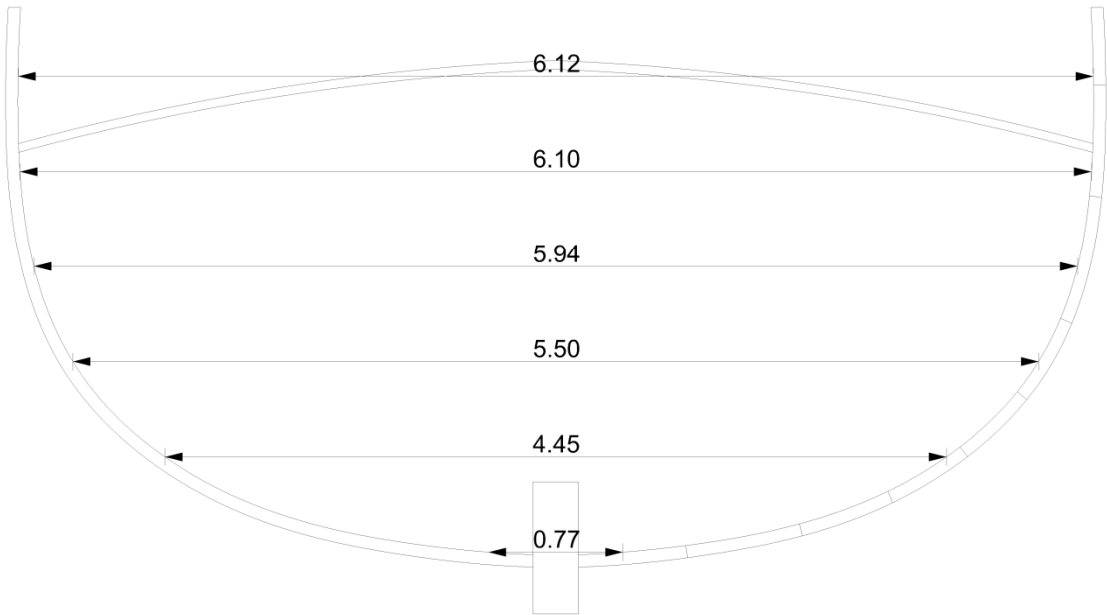


Imagen 4

Sección 4

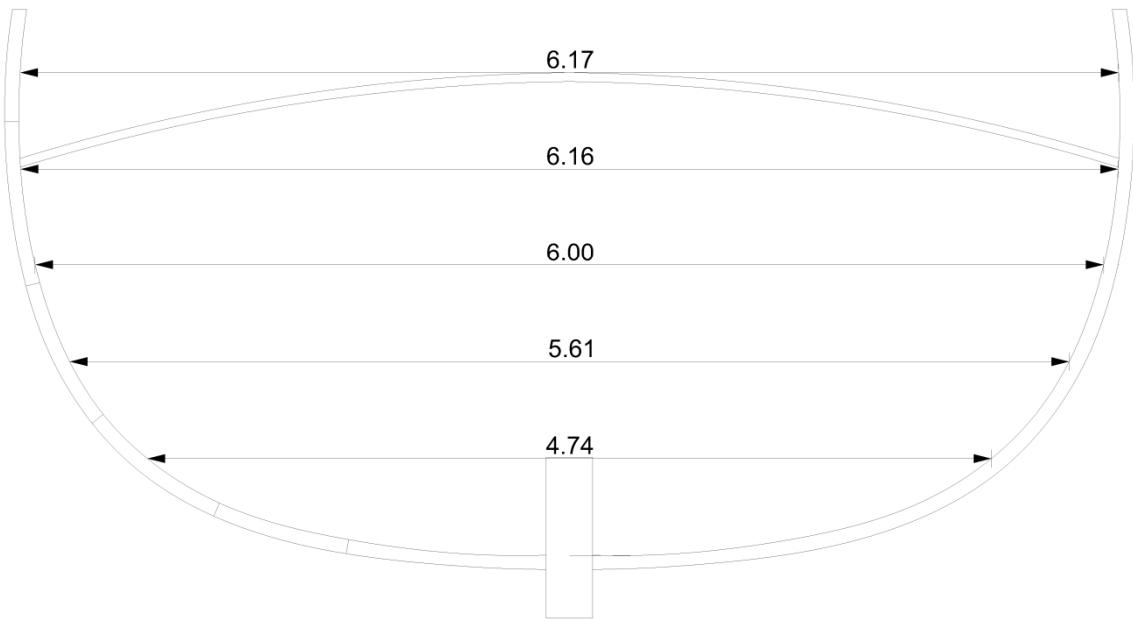


Imagen 5

Sección 5

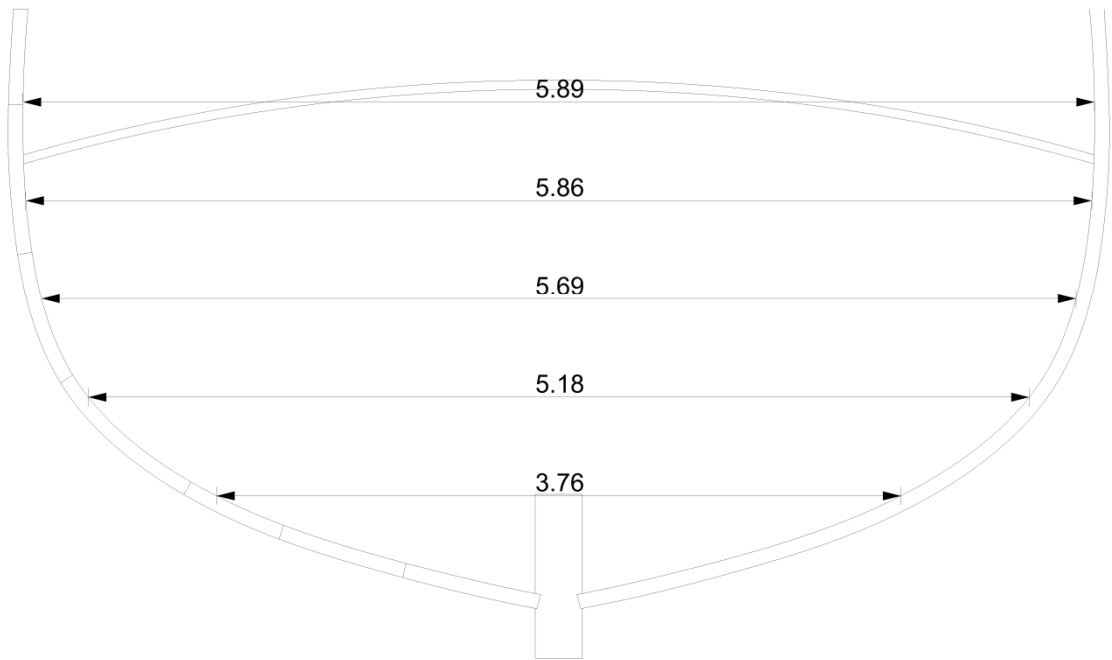


Imagen 6

Sección 6

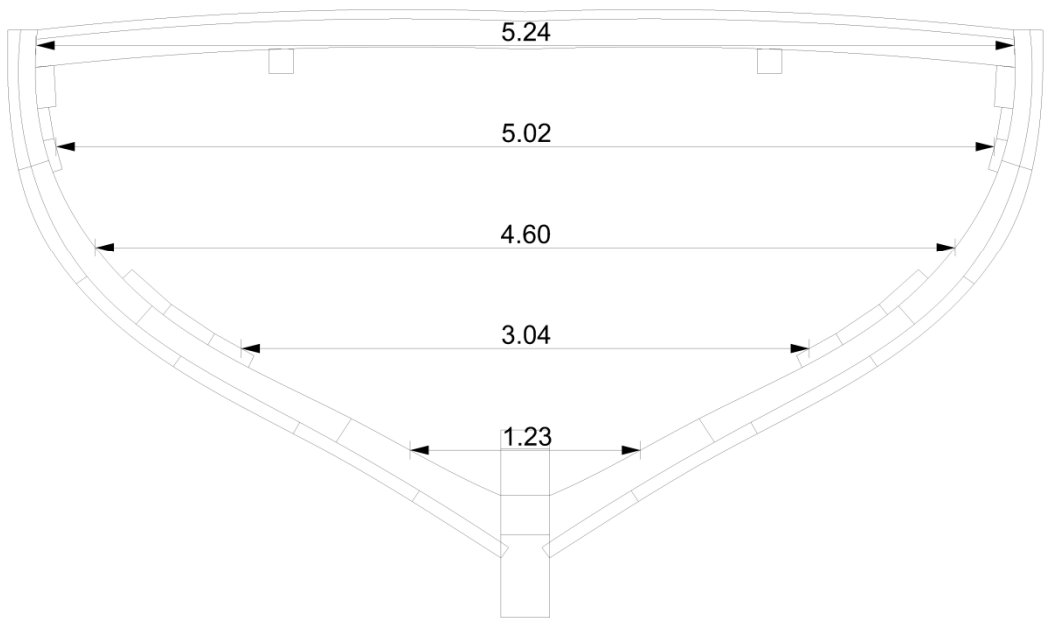


Imagen 7

Sección 7

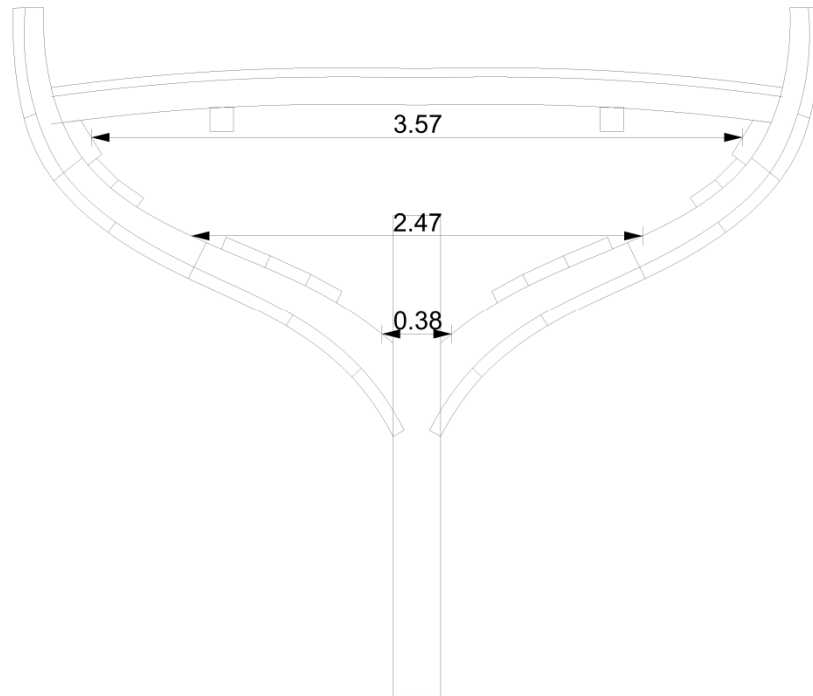


Imagen 8

Una vez obtenidas las semimangas se integra por Simpson para obtener el área de la sección y de nuevo se integra por Simpson, ahora las áreas de las secciones, para hallar el volumen bajo cubierta.

Para el volumen sobre cubierta se integra por el método de los trapecios, teniendo en cuenta que hay espacios que no se consideran de carga, como son: centro de gobierno del barco, almacén de útiles de pesca, alojamiento de cadenas y anclas..., según esto, ni el casillo de proa ni el de popa contarían para el arqueo, por lo que en este caso, sólo vale el volumen bajo cubierta.

	Sec.1		Sec.2		Sec.3		Sec.4		Sec.5		Sec.6		Sec.7	
FS	y	y.FA	y	y.FA	y	y.FA	y	y.FA	y	y.FA	y	y.FA	y	y.FA
1	0	0	0	0	3,06	3,06	3,08	3,08	2,95	2,95	2,62	2,62	1,78	1,78
4	0,68	2,72	2,47	9,88	3,05	12,2	3,08	12,32	2,93	11,72	2,51	10,04	1,24	4,96
2	0,4	0,8	2,23	4,46	2,97	5,94	3	6	2,85	5,7	2,3	4,6	0,19	0,38
4	0	0	1,82	7,28	2,75	11	2,81	11,24	2,59	10,36	1,52	6,08	0	0
1	0	0	1,11	1,11	2,23	2,23	2,37	2,37	1,88	1,88	0,62	0,62	0	0
Área de las secciones(m ²) Factores de Simpson		3,52		22,73		34,43		35,01		32,61		23,96		7,12
		1,271893		8,213107		12,44071		12,65028		11,78308		8,657547		2,572693
		1		4		2		4		2		4		1
		1,271893		32,85243		24,88141		50,60112		23,56616		34,63019		2,572693

Realizamos el sumatorio de estas últimas y se obtiene el volumen bajo cubierta:

FV	170,37589
----	-----------

Multiplicamos por el factor:

Volumen bajo cubierta en m ³	167,4227
Volumen sobre cubierta en m ³	0
Volumen total en m ³	167,4227
Arqueo en TRB (toneladas Morson)	59,15997

4.2.-Estimación del desplazamiento en rosca.

Suponiendo el calado a la altura de la cubierta, se leen en la cartilla de trazado las semimangas, se calcula el volumen desplazado, mediante integración por Simpson. Este volumen de carena de las hidrostáticas (248,677m³) se debe restar por el volumen de arqueo (167,336 m³) y este valor final al multiplicarlo por la densidad del agua del Atlántico en condiciones normales (1,025 t/m³) se obtiene la primera estimación del peso en rosca del buque.

Desplazamiento en rosca: **83,375 t**

4.3.- Estudio previo de estabilidad

4.3.1.- Curvas hidrostáticas.

Para el cálculo de la estabilidad es necesario obtener las curvas hidrostáticas a partir de la cartilla de trazado. Son las curvas que reflejan del comportamiento de la carena de un buque para los diferentes calados o estados de carga. Sin duda y a este fin la curva más significativa es la que determina la altura del metacentro transversal.

Los datos que conforman las curvas hidrostáticas para cada calado son:

- * Desplazamiento.
- * Toneladas por centímetro de inmersión.
- * Posición vertical y longitudinal del centro de carena.
- * Área del plano de agua.
- * Posición longitudinal del centro de flotación.
- * Coeficientes de forma.
- * Radio metacéntrico transversal y longitudinal.
- * Altura metacéntrica transversal y longitudinal.
- * Momento para alterar el asiento un centímetro.

Empleando el método de Simpson, con los datos de la cartilla de trazado se obtienen las curvas hidrostáticas que se adjuntan en el anexo.

4.3.2.-Experiencia de estabilidad.

La realización de una experiencia de estabilidad es vital para poder conocer con exactitud el desplazamiento y la posición real del centro de gravedad de la embarcación, en cualquier situación de carga, y de esta forma poder comprobar el cumplimiento de los criterios de estabilidad exigidos por la normativa legal aplicable según el caso. El resultado de los correspondientes cálculos tras la obtención de medidas durante la experiencia queda reflejado en el Libro de Estabilidad e Instrucciones al patrón.

Se dispone de la experiencia de estabilidad realizada en Cartagena el 13 de junio de 1990 a la réplica construida con motivo del V centenario del descubrimiento, esta la siguiente:

Experiencia de estabilidad

Datos de la experiencia:

Calados sobre la base en las marcas:

Proa	1,250 m
Popa	2,035 m

Pesos a bordo ajenos al desplazamiento en "Rosca" (Lista A)

total de pesos	2,13 t
ordenada sobre la base	3,07 m
abscisa a Ppp	8,18 m

Pesos que faltan al desplazamiento en "Rosca" (lista B)

total de pesos	0,37 t
ordenada sobre la base	0,81 m
abscisa a Ppp	9,03 m

Pesos utilizados en la experiencia

Peso	2x900 kg
ordenada sobre la base	2,92 m
abscisa a Ppp	8,10 m

Distancia de traslación de los pesos 5,29 m

Péndulo

longitud	3,97 m
distancia a Ppp	8,90 m

Desviación del péndulo por momento total

a estribor	0,149 m
a babor	0,145 m

Periodo de balance 4,3 s

Entrando con el calado medio en las curvas hidrostáticas calculadas anteriormente e interpolando linealmente obtenemos los siguientes resultados:

Cálculos

Momento escorante (M_e) = $5,29 \times 0,900$	4,761	t.m
Oscilación media del péndulo	0,147	m
Calados sobre la base en las perpendiculares		
proa	1,250	m
popa	2,000	m
calado medio	1,625	m
Asiento en la experiencia	0,750	m
Tangente del ángulo de asiento($\text{tg}\alpha$)	0,04167	
Coseno del ángulo de asiento($\text{cos}\alpha$)	0,99913	
Datos obtenidos de las curvas hidrostáticas:		
Desplazamiento	85,050	t
KB	1,076	m
OB	8,694	
TCI	0,876	t
MTC	0,701	t.m
BMt	2,553	m
BMI	15,182	m
OF	8,455	m
Corrección por trimado		
$\text{Des} = \text{Desh} + 100 \cdot \text{TCI} \cdot t \cdot \text{XF} / \text{Lpp}$	87,039 t	
Desviación horizontal del centro de gravedad	0,054	m
Altura metacéntrica(GMt)	1,447	m
Corrección por superficies libres	0,000	
Altura metacéntrica corregida	1,447	m
Ordenada centro carena (KB)	1,076	m
Abscisa centro carena (OB)	8,694	m
Radio metacéntrico transversal(BMt)	2,553	m
Ordenada metacentro transversal sobre la base	3,629	m
Ordenada del centro de gravedad($\text{KG} = \text{KB} + (\text{BMt} - \text{GMt})\text{cos}\alpha$)	2,181	m
Abscisa centro de gravedad ($\text{OG} = \text{OB} + (\text{KG} - \text{KB})\text{tg}\alpha$)	8,740	m

Buque en la condición de rosca.

Concepto	Pesos t	Absc. C. de G. a Ppp m	Ord. C. de G. a la base m
Buque en la experiencia	87,03925	8,021	2,182
Pesos ajenos al desplazamiento	-2,13	8,18	3,07
Pesos que faltan al desplazamiento	0,37	9,03	0,81
Resultados	85,27925	8,02140643	2,15386795
Desplazamiento	85,279 t		
Abscisa del centro de gravedad a Ppp	8,021 m		
Ordenada del centro de gravedad a base	2,154 m		

Para tener totalmente definida la estabilidad del buque se dan las siguientes condiciones de carga, una a la salida de puerto con 100 % de consumos a bordo, y a la llegada, estimando un 10% de consumos, tendremos en cuenta los depósitos de combustible que se le añadieron a las réplicas y los arcones frigoríficos. Obviamente cuando se realizó el viaje hacia el nuevo mundo no llevaban tales depósitos, pudiendo ser sustituidos por los elementos de defensa mencionados anteriormente.

SITUACIÓN: DESIGNACIÓN	SALIDA DE PUERTO CON 100 % DE CONSUMOS				
	PESO t	ABSCISA m	Mº A Ppp m.t	ORDENADA m	Mº A BASE m.t
Buque en rosca	85,279	8,021	684,060	2,154	183,680
Pertrechos	2,500	8,900	22,250	1,500	3,750
6 hombres en tolda	0,450	2,000	0,900	6,000	2,700
10 hombres en	0,750	8,300	6,225	4,100	3,075

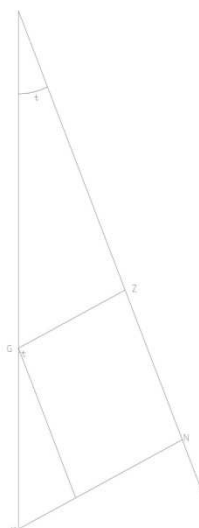
cubierta

Efectos personales	0,800	8,900	7,120	1,500	1,200
Viveres en tonel 1	0,350	11,850	4,148	1,760	0,616
Viveres en tonel 2	0,350	6,500	2,275	1,910	0,669
Viveres en frigoríficos	0,300	10,500	3,150	0,800	0,240
Agua en tonel 1	0,530	12,280	6,508	1,120	0,594
Agua en tonel 2	0,530	12,280	6,508	1,120	0,594
Agua en tonel 3	0,530	8,380	4,441	1,770	0,938
Agua en tonel 4	0,530	8,380	4,441	1,770	0,938
Agua en cartones	0,700	8,500	5,950	0,900	0,630
Agua en cartones	1,300	7,900	10,270	0,920	1,196
Comb. en tonel 1	0,450	6,480	2,916	1,970	0,887
Comb. en tonel 2	0,450	3,380	1,521	1,970	0,887
Comb. en tonel 3	0,450	3,380	1,521	1,570	0,707
Comb. en tonel 4	0,450	3,380	1,521	1,970	0,887
Comb. en tonel 5	0,450	2,080	0,936	1,850	0,833
Comb. en tonel 6	0,450	2,080	0,936	1,850	0,833
Resultados:	97,599	7,967	777,598	2,109	205,850

SITUACIÓN: LLEGADA A PUERTO CON 10% DE CONSUMOS

Buque en rosca	85,279	8,021	684,060	2,154	183,680
Pertrechos	2,500	8,900	22,250	1,500	3,750
6 hombres en tolda	0,450	2,000	0,900	6,000	2,700
10 hombres en cubierta	0,750	8,300	6,225	4,100	3,075
Efectos personales	0,800	8,900	7,120	1,500	1,200
Viveres en tonel 2	0,040	6,500	0,260	1,460	0,058
Viveres en frigorífico	0,030	10,500	0,315	0,800	0,024
Agua en tonel 1	0,210	12,280	2,579	0,860	0,181
Agua en cartones	0,200	8,500	1,700	0,900	0,180
Comb. en tonel 1	0,270	7,900	2,133	1,780	0,481
Resultados:	90,529	8,037	727,541	2,158	195,329

Para el cálculo de los brazos adrizantes y brazos dinámicos son utilizadas las curvas KN facilitadas por el tutor y cuyo valor se encuentra en la tabla. Se opera, de acuerdo a la imagen, restando al valor KN el seno del ángulo de escora por la ordenada del centro de gravedad.

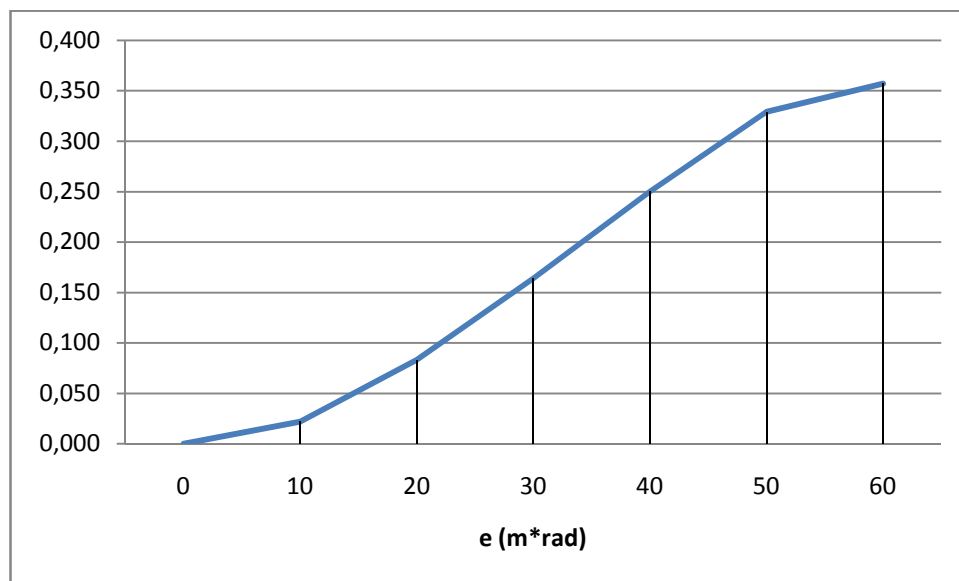
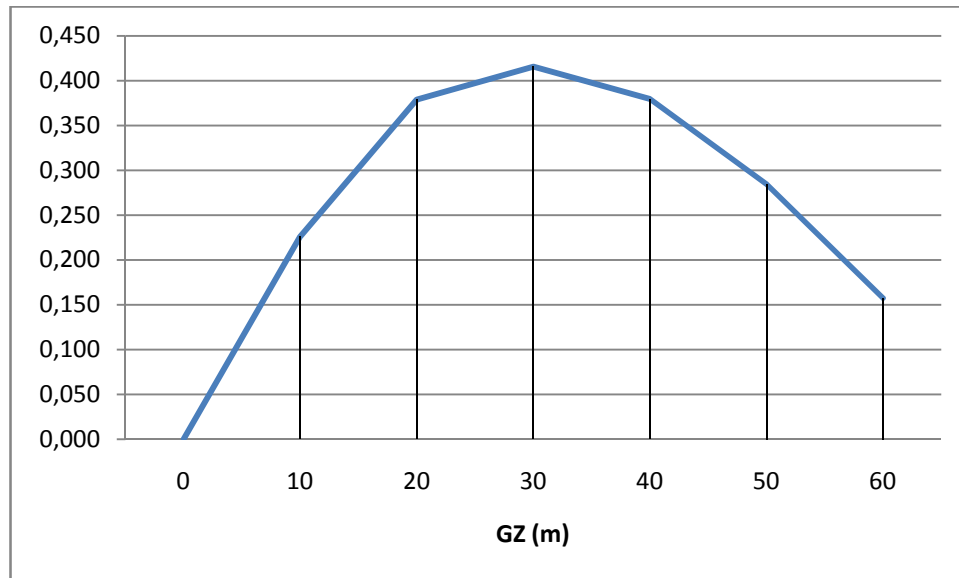


El brazo GZ es el brazo estático o adrizante, el valor “e” se refiere al brazo dinámico o momento adrizante, el segundo es la integral del primero, estos tienen la siguiente forma en las gráficas.

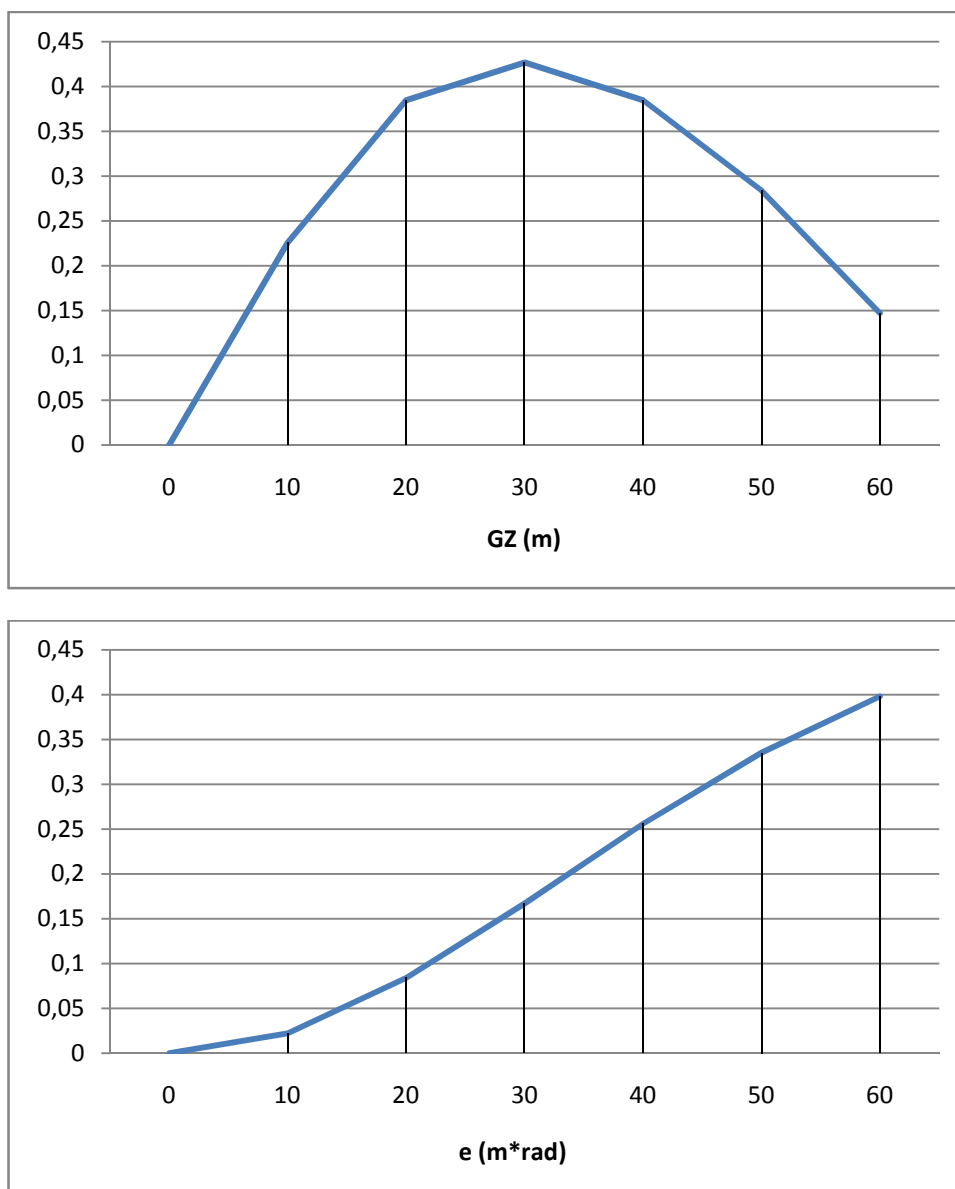
BRAZOS DEL PAR DE ESTABILIDAD ESTATICA Y DINAMICA

t	sen t	KG (m)	KG*sen t (m)	KN (m)	GZ (m)	e (m*rad)
CONDICIÓN: Salida de puerto con 100% de consumos						
0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,173648	2,109	0,366	0,592	0,226	0,022
20	0,342020	2,109	0,721	1,100	0,379	0,083
30	0,500000	2,109	1,055	1,470	0,415	0,164
40	0,642788	2,109	1,356	1,735	0,379	0,250
50	0,766044	2,109	1,616	1,900	0,284	0,329
60	0,866025	2,109	1,827	1,984	0,157	0,329
Desplazamiento:		97,59925 t				
CONDICIÓN: Llegada a puerto con 10% de consumos						
0	0	0	0	0	0	0
10	0,173648	2,157	0,375	0,6	0,225	0,022
20	0,342020	2,157	0,738	1,122	0,384	0,084
30	0,500000	2,157	1,079	1,505	0,427	0,167
40	0,642788	2,157	1,386	1,771	0,385	0,256
50	0,766044	2,157	1,652	1,936	0,284	0,335
60	0,866025	2,157	1,868	2,015	0,147	0,398
Desplazamiento:		90,52925 t				

Para la primera condición de carga con los consumos al 100%, es decir a máxima carga tenemos las siguientes curvas de GZ y e:



Para la segunda condición, a la llegada a puerto con un 10% de consumos las gráficas son las siguientes:



Para terminar se reúnen todos los datos en ambas condiciones, quedando de la siguiente forma:

ESTABILIDAD Y ASIENTO

			Salida de puerto	Condiciones Llegada a puerto
Desplazamiento	1		97,599	90,529
Calado medio	2	Cm	1,785	1,705
Centro carena a perpendicular popa	3	OC	8,610	8,625
Centro gravedad a perpendicular popa	4	OG	8,100	8,037
Palanca entre C. y G.	5	CG	0,000	0,000
Metacentro longitudinal sobre base	6	KMt	15,378	15,879
Centro de gravedad sobre base	7	KG	2,109	2,158
Altura metacéntrica longitudinal	8	R-a	13,269	13,721
Cambio de asiento	9	d	0,000	0,000

Tangente ángulo asiento	10	Tg a	0,000	0,000
	11	cos a	1,000	1,000
	12	1-cos a	0,000	0,000
Centro de carena sobre la base	13	KC	1,167	1,121
Radio metacéntrico longitudinal	14	R	14,211	14,758
Variación centro carena	15		0,000	0,000
Centro carena sobre base corregido	16	KCc	1,167	1,121
Altura C. gravedad sobre C. carena	17	a	0,942	1,037
Metacentro transversal sobre base	18	KMt	2,367	3,592
Metacentro transversal sobre base corregido	19	KMtc	2,367	3,592
Altura metacéntrica transversal	20	r-a	1,425	1,434
Metacentro longitudinal sobre base corregida	21	KM lo	13,269	15,879
Altura metacéntrica longitudinal corregida	22	R-a	13,269	14,899
Centro gravedad flotación a perpendicular popa	23	OF	8,393	8,427
Centro gravedad flotación a perpendicular proa	24		9,607	9,573
Variación del calado a proa	25		0,000	0,000
Variación del calado a popa	26		0,000	0,000
Calado en Ppr	27	Cpr	1,785	1,705
Calado en Ppp	28	Cpp	1,785	1,705
Calado medio	29	Cm	1,785	1,705
Calado en la marca de proa	30	Cm pr	1,785	1,705
Calado en la marca de popa	31	Cm pp	1,785	1,705
Calado medio máx. y mín.			1,785	1,705
Brazo de palanca máximo		GZ(m)	0,415	0,427
		Grados	30°	30°
Estabilidad nula a		Grados	81°	80°
Ángulo de inundación a		Grados	62,7°	63,2°
Brazo de estabilidad dinámica a 30°		m rad	0,164	0,167
Brazo de estabilidad dinámica a 40°		m rad	0,250	0,256

Tiene una estabilidad aceptable para realizar un viaje, como el que realizó para descubrir el nuevo mundo.

4.4.- Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Para el cálculo de momentos flectores y fuerzas cortantes de un buque de eslora máxima de 21,40 m, y 18m de eslora entre perpendiculares la resistencia longitudinal no

es muy importante ya que actualmente el reglamento del BUREAU VERITAS empieza a dar importancia a partir de buques de 60 m de eslora.

Para el cálculo de las curvas de momentos flectores y fuerzas cortantes estudiaremos el buque como una viga, le añadiremos peso continuo en los extremos de proa y popa y tres cargas puntuales que serán los tres palos de nuestra embarcación.

Se supone que flota libremente, en un mar en calma, y con un calado de 1,700 m.

Para comenzar, leemos las semimangas en la cartilla de trazado hasta la flotación número 3, esto es un calado de 1,5 metros, debido a que nuestro calado medio es de 1,740, le añadiremos una cuña de una altura $1,500 - 1,700 = 0,200$ m con la misma manga que para la flotación 3, ya que consideramos despreciable la variación de manga en ese poco calado, utilizando la 1ª regla de Simpson podemos obtener el área para cada sección:

$$A = \int_a^b f(x) dx = h/3 \sum FS \cdot F(x_i)$$

Semimangas de la cartilla de trazado:

												Sec.9	
Semimangas	Sec.0	Sec.1/2	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9	.1/2	Sec.10
Flot.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Flot.1/2	0,000	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,000	0,000	0,000
Flot.1	0,000	0,120	0,201	0,872	1,555	2,068	2,322	2,253	1,754	0,778	0,000	0,000	0,000
Flot.2	0,000	0,120	0,711	1,740	2,383	2,665	2,756	2,751	2,362	1,457	0,000	0,000	0,000
Flot.3	0,000	0,384	1,367	2,385	2,766	2,920	3,002	2,987	2,705	1,910	0,454	0,000	0,000

Cálculos para el área de la secciones.

FS	h	Fa0	Fa1/2	Fa1	Fa2	Fa3	Fa4	Fa5	Fa6	Fa7	Fa8	Fa9	1/2	Fa10
0,5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,5	0,000	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,000	0,000	0,000
1,5	0,5	0,000	0,180	0,302	1,308	2,333	3,102	3,483	3,380	2,631	1,167	0,000	0,000	0,000
4	0,5	0,000	0,480	2,844	6,960	9,532	10,660	11,024	11,004	9,448	5,828	0,000	0,000	0,000
1	0,5	0,000	0,384	1,367	2,385	2,766	2,920	3,002	2,987	2,705	1,910	0,454	0,000	0,000
Suma:		0,000	1,284	4,753	10,893	14,871	16,922	17,749	17,611	15,024	9,145	0,454	0,000	0,000
h*suma/3														
Semi área secciones (m ²):		0,000	0,214	0,792	1,816	2,478	2,820	2,958	2,935	2,504	1,524	0,076	0,000	0,000

Le sumamos la cuña de 0,2 de altura, y se multiplica por dos para obtener el área total de nuestra sección:

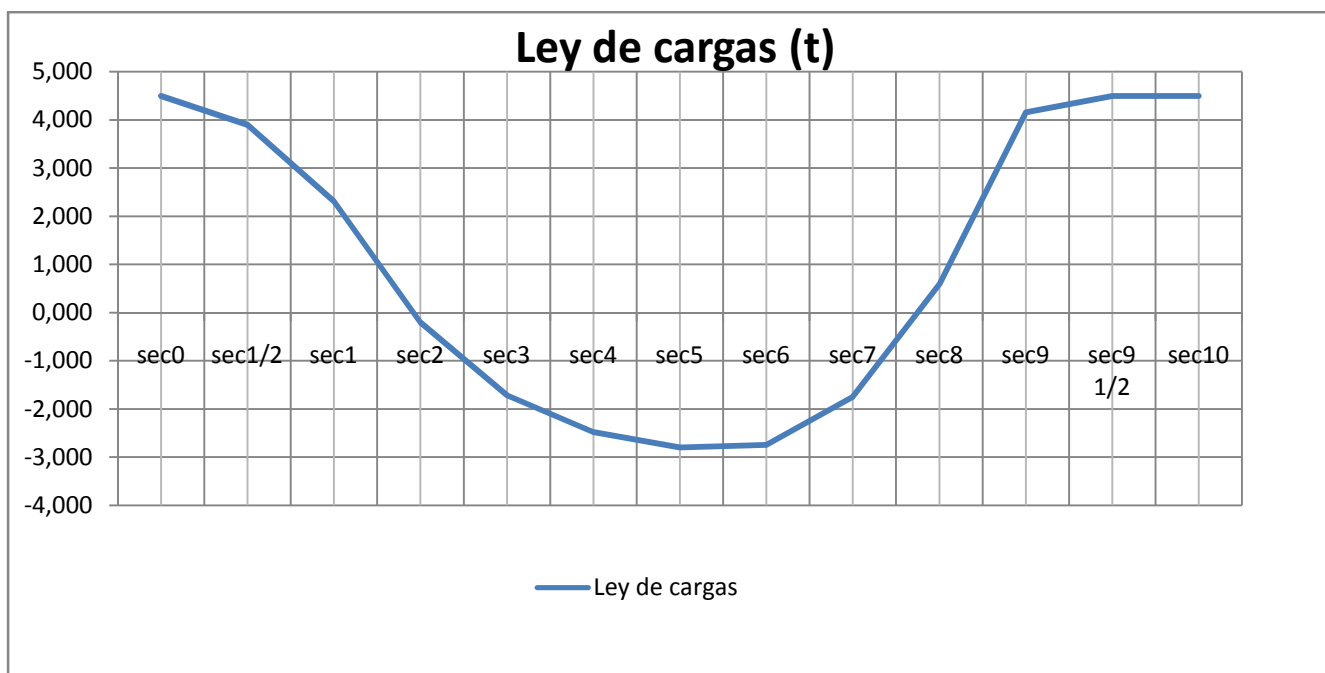
Diferencial

corrección:	0,000	0,077	0,273	0,477	0,553	0,584	0,600	0,597	0,541	0,382	0,091	0,000	0,000
Suma:	0,000	0,291	1,065	2,293	3,032	3,404	3,559	3,532	3,045	1,906	0,166	0,000	0,000
Área x2 (m ²):	0,000	0,582	2,131	4,585	6,063	6,809	7,117	7,065	6,090	3,812	0,333	0,000	0,000

Para calcular el volumen de carena integrando las áreas de las secciones, vamos a utilizar el método de los trapecios, para no cometer error a la hora de sacar los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores:

Para el desplazamiento se aumenta el desplazamiento de las hidrostáticas una cuña de altura de 0,2 m para así tener el desplazamiento a este calado de 1,7. Igualamos el empuje al desplazamiento, le restamos al desplazamiento las cargas puntuales de la arboladura para saber el peso repartido (t/m) por la eslora. En un diagrama se ponen los pesos positivos y los empujes negativos, la suma de estos devuelve la ley de cargas:

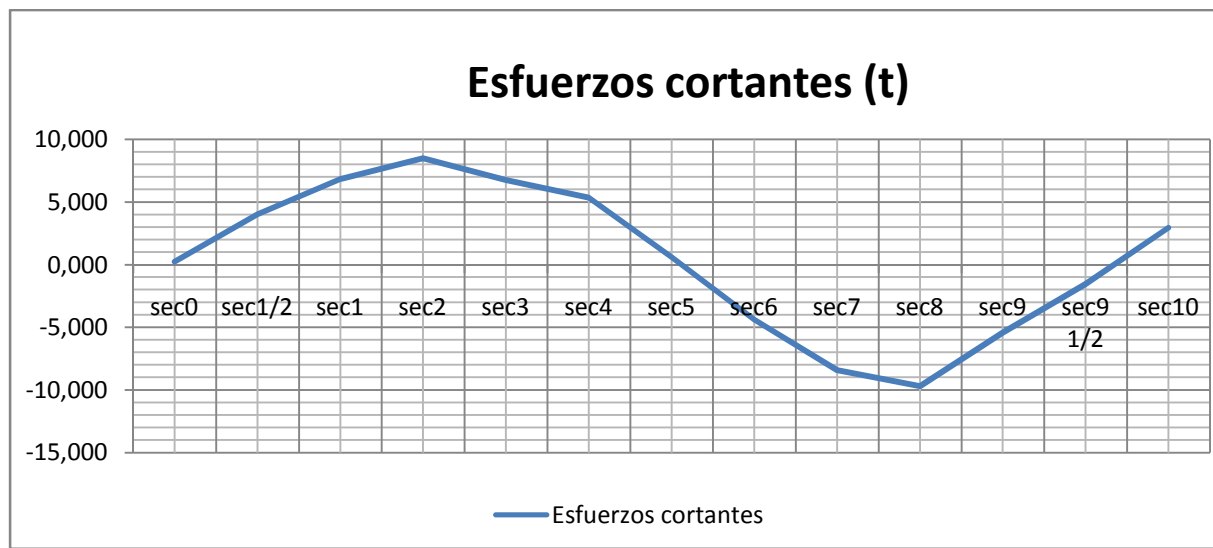
Empuje (t)	0,000	0,596	2,184	4,700	6,215	6,979	7,295	7,242	6,242	3,908	0,341	0,000	0,000
Desplazamiento(t)	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496
Arboladura(t)	0,251					2,365							0,454
Ley de cargas (t)	4,496	3,900	2,312	-0,204	-1,719	-2,483	-2,799	-2,746	-1,746	0,588	4,155	4,496	4,496

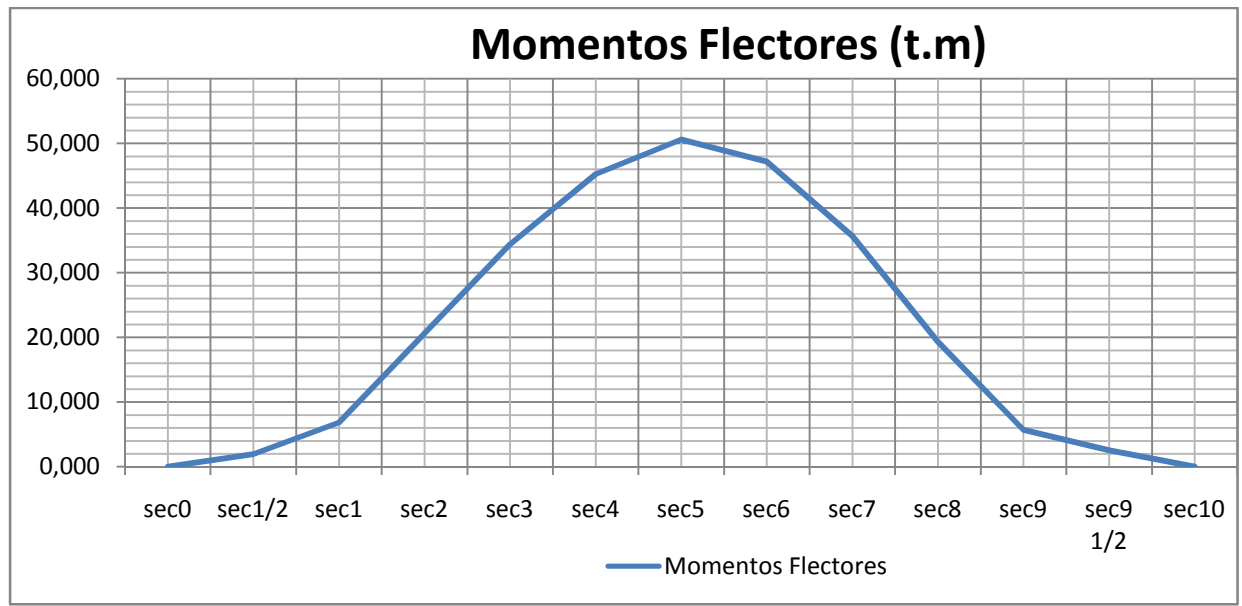


Una vez se tiene la ley de cargas, se integra y se obtiene el diagrama de esfuerzos cortantes. Se integra la curva de los esfuerzos cortantes y se obtiene los momentos flectores cuyo máximo se encuentra donde los esfuerzos cortantes se anulan.

	sec0	sec1/2	sec1	sec2	sec3	sec4	sec5	sec6	sec7	sec8	sec9	sec9 1/2	sec10
Esfuerzos cortantes (t)	0,251	4,029	6,824	8,496	6,766	5,349	0,596	-4,394	-8,437	-9,704	-5,435	-1,542	2,958
Momentos Flectores (t.m)	0,000	1,926	6,810	20,599	34,335	45,239	50,589	47,170	35,622	19,295	5,669	2,529	0,000

Diagramas:





Podemos sacar como conclusión que el momento flector máximo se encuentra en la sección media, correspondiente como se ha citado anteriormente, a la zona donde los esfuerzos cortantes se anulan. Se debe prestar atención al colocar los refuerzos en dicha sección y en las de su alrededor.

Capítulo 5.-Proceso constructivo.

5.1.- Madera utilizada.

Para la construcción de elementos estructurales de mayor responsabilidad, quilla, sobrequilla, roda, codaste, cuadernas, baos, durmientes, palmejares y otras similares se ha empleado tradicionalmente, y se sigue utilizando en la actualidad, el roble, por ser una madera dura y con buena resistencia mecánica, de buen comportamiento frente a la humedad y a la acción del agua del mar, completando estas propiedades con una buena resistencia al ataque de hongos, insectos y moluscos.

Para el forrado del casco y de la cubierta se ha mantenido la utilización del pino por tratarse de una madera de regular dureza, muy resinosa, color blanco amarillo con vetas rojizas que despiden olor a trementina.

Para la elección de la madera seguiremos los tipos comentados, apoyándonos en las seleccionadas por el ingeniero naval José Luis López Martínez para la construcción de la replica con motivo del V centenario del descubrimiento. Estas maderas son las siguientes:

- Estructura: Roble
- Forros: Pino
- Palos: Roble
- Timón: Roble
- Jarcias: Cáñamo
- Velas: Cáñamo
- Anclas: Hierro
- Clavazón: Hierro
- Calafateado: Estopa de cáñamo

5.2.- Escantillado de la estructura de La Niña según reglamento Bureau Veritas.

5.2.1.- Campo de aplicación

1-El Reglamento y sus tablas se aplican a buques de características normales, destinados a ser clasificados bajo vigilancia especial, con la marca F.

2-Los buques que tengan una eslora entre perpendiculares superior a 30m, o cuyas dimensiones no permitan entrar en las tablas y gráficos o cuya estructura presente disposiciones no tradicionales, serán objeto, en cada caso, de un examen particular de la Administración.

5.2.2- Dimensiones principales

1-La eslora entre perpendiculares se medirá en la flotación en carga, desde la cara de proa de la roda al eje de la mecha del timón.

La eslora L, utilizada para determinar los escantillones, es igual al mayor de los dos valores siguientes: La eslora entre perpendiculares o los 7/8 de la eslora máxima.

$$LPP=18,000m$$

$$L_{\text{máx}} \cdot \frac{7}{8} = 21,400 \cdot \frac{7}{8} = 18,725 \text{ m}$$

$$L=18,725m$$

2-La manga B se mide en la sección transversal situada en el centro de la eslora entre perpendiculares. En esta sección se toma la manga máxima fuera de miembros.

$$B=6,280m$$

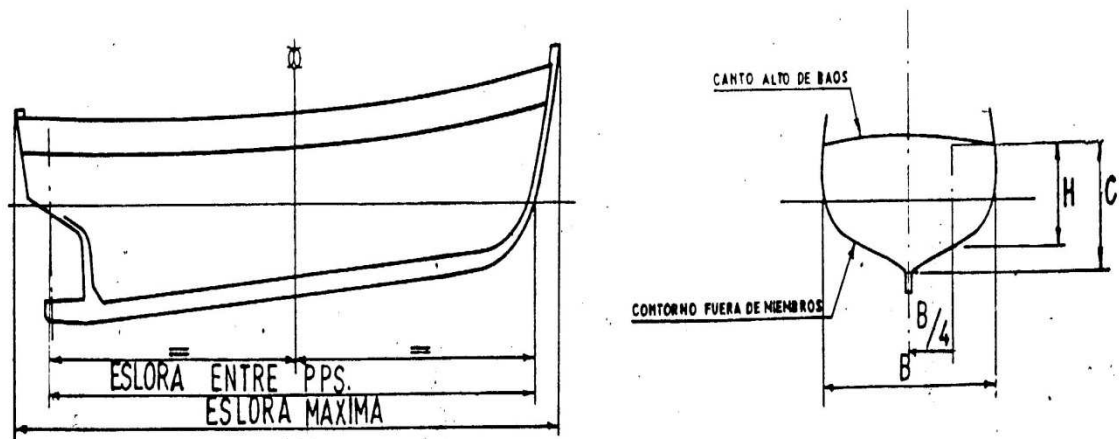
3-El puntal C se mide en la misma sección transversal que la manga. Es la distancia desde la cara superior del bao en el costado, hasta la horizontal que pasa por el canto inferior del alefriz de la quilla.

$$C=2,000m$$

4-El puntal auxiliar H, medido como el anterior, es la altura entre la cara superior del bao en el costado y el punto del contorno fuera de miembros situado a una distancia del plano de crujía igual a un cuarto de la manga.

$$H=1,800m$$

Figura 1 - DIMENSIONES PRINCIPALES



5.3.3.- Determinación de los escantillones.

1-Los escantillones de los diversos elementos de la estructura, indicados en las tablas 2, 5, 7, 8 y 9, se deducen mediante un numeral N igual al producto $L \cdot B \cdot C$ de las tres dimensiones principales definidas en 4-02, expresado en metros cúbicos.

$$N = 18,725 \cdot 6,280 \cdot 2,000 = 235,186 \text{m}^3$$

Piezas Principales:

PIEZAS PRINCIPALES

N ver 4.03.1	Quilla		Sobrequilla		Sección total cm ²	Roda - Codaste	
	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.		Ancho cm.	Altura cm.
60 a 66	14	17	14	13,5	425	14	21
66 a 73	14	18	14	14	445	14	21
73 a 80	14	19	14,5	14	470	14	21
80 a 88	15	19	15	14	495	15	22,5
88 a 97	15	20	16	14	520	15	22,5
97 a 106	16	20	16	14,5	550	16	24
106 a 116	16	21	16	15	575	16	24
116 a 128	17	21	17	15	610	17	25,5
128 a 141	17	22	17	16	645	17	25,5
141 a 155	18	22	18	16	680	18	27
155 a 170	18	23	18	17	715	18	27
170 a 187	19	23	19	17	755	19	28,5
187 a 206	19	24	19	18	795	19	28,5
206 a 227	20	24	20	18	840	20	30
227 a 249	20	25	20	19,5	890	20	30
249 a 274	21	25	21	20	940	21	31,5
274 a 300	21	26	21	21	990	21	31,5
300 a 330	22	27	22	21	1045	22	33
330 a 365	22	28	23	22	1105	22	33
365 a 400	23	28	24	22	1165	23	34,5
400 a 440	23	29	25	23,5	1230	23	34,5
440 a 485	24	29	26	23,5	1300	24	36
485 a 535	24	30	26	25,5	1380	24	36
535 a 585	25	30	28	25,5	1460	25	37,5
585 a 640	26	31	29	25,5	1540	26	39
640 a 710	27	31	30	26,5	1630	27	40,5
710 a 780	27	33	30	28	1720	27	40,5
780 a 860	28	34	31	28	1820	28	42
860 a 940	29	34	32	29	1920	29	43,5
940 a 1030	29	36	32	30,5	2020	29	43,5
1030 a 1140	30	36	33	32	2140	30	45
1140 a 1250	31	37	34	33	2270	31	46,5
1250 a 1370	32	38	36	33	2400	32	48

Notas:

1. Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35, la quilla y la sobrequilla se determinan con un numeral N, calculado de acuerdo con las indicaciones de la tabla 3.
2. Para los buques que varan frecuentemente, se recomienda aumentar la sección total por lo menos en un tercio.
3. Para detalles complementarios, ver 5.10 a 5.12.

Según la tabla:

Ancho:

De la quilla = 20 cm

De la sobrequilla=20 cm

De la roda-codaste = 20 cm

Altura:

De la quilla = 25 cm

De la sobrequilla =19,5 cm

De la roda-codaste = 30 cm

Cuadernas armadas dobles:**CUADERNAS ARMADAS DOBLES**

N ver 4-03.1	Cuadernas y varengas		Altura de las cuadernas			Altura de las varengas en el centro	
	Distancia entre ejes (clara) cm.	Ancho de cada pieza cm.	En la cubierta cm.	En el pantoque cm.	En el pie cm.	Con sobrequilla cm.	Sin sobrequilla cm.
60 a 66	34	6	7	8	9,5	13	16
66 a 73	34	6	7	9	10,5	14	17
73 a 80	35	6	7	9	11	14,5	18
80 a 88	36	6,5	7	9,5	11	15	18
88 a 97	36	6,5	7,5	9,5	11,5	15	19
97 a 106	37	7	7,5	9,5	11,5	15,5	19
106 a 116	37	7	7,5	10	12	16	20
116 a 128	38	7	7,5	10	12,5	16,5	21
128 a 141	38	7,5	8	10	12,5	17	21
141 a 155	39	7,5	8	11	13	17,5	22
155 a 170	40	7,5	8	11,5	14	18,5	23
170 a 187	40	8	8,5	11,5	14	19	23
187 a 206	41	8	8,5	12	15	19,5	24
206 a 227	42	8,5	9	12,5	15	20,5	25
227 a 249	42	8,5	9	13	15,5	20,5	26
249 a 274	43	9	9	13	16	21	26
274 a 300	44	9	9,5	14	16,5	22	27
300 a 330	44	9	10	14,5	17	23	
330 a 365	45	9,5	10,5	14,5	17,5	23,5	
365 a 400	46	9,5	11	15	18,5	24,5	
400 a 440	47	10	11	15,5	19	25	
440 a 485	47	10,5	11,5	16	19	26	
485 a 535	48	10,5	11,5	16,5	20	27	
535 a 585	49	11	12	17	21,5	27	
585 a 640	50	11	12,5	18	21,5	28	
640 a 710	50	11,5	12,5	18	21,5	29	
710 a 780	51	11,5	13	19	22,5	30	
780 a 860	52	12	13,5	19,5	23	31	
860 a 940	53	12,5	14	21	24	32	
940 a 1030	54	13	14,5	21	25	33	
1030 a 1140	54	13	15	21	25	34	
1140 a 1250	55	13,5	15	22	26	35	
1250 a 1370	56	14	16	22	27	36	

Notas:

1. En la fig. 4 se representa gráficamente el significado de parte de la nomenclatura empleada (altura en el pantoque, en el pie, etc.).
2. Las dimensiones en altura están sujetas, en principio, a la corrección indicada en el gráfico 6.
3. Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35, el ancho de las cuadernas se obtiene entrando en la tabla 4 con un numeral N, aumentado según la tabla 3.
4. Para detalles complementarios, ver 5.21.

Según la tabla:

Cuadernas + varengas:

Clara = 42 cm

Ancho = 8,5 cm

Altura de las cuadernas en:

Cubierta = 9 cm

Pantoque = 13 cm

Pie = 15,5 cm

Altura de las varengas en el centro:

Con sobrequilla = 20,5 cm

Sin sobrequilla = 26 cm

Forro exterior:

- 39 -

TABLA 7

FORRO EXTERIOR

N Ver 4-03.1	Espesor		Desarrollo	
	Forro ordinario cm.	Forro reforzado cm.	Cintas cm.	Pantoque cm.
60 a 66	3	3,8	48	37
66 a 73	3	3,8	51	38
73 a 80	3	4	52	39
80 a 88	3,2	4	54	41
88 a 97	3,2	4,2	56	42
97 a 106	3,4	4,4	57	43
106 a 116	3,4	4,4	59	45
116 a 128	3,6	4,6	61	46
128 a 141	3,6	4,8	63	47
141 a 155	3,8	4,8	65	49
155 a 170	3,8	5	67	50
170 a 187	4	5	69	52
187 a 206	4	5,2	71	54
206 a 227	4,2	5,4	74	56
227 a 249	4,2	5,6	76	57
249 a 274	4,4	5,6	78	59
274 a 300	4,4	5,8	81	61
300 a 330	4,6	6	84	63
330 a 365	4,8	6,2	86	65
365 a 400	4,8	6,4	89	67
400 a 440	5	6,4	92	69
440 a 485	5,2	6,6	95	72
485 a 535	5,2	6,8	98	74
535 a 585	5,4	7	102	77
585 a 640	5,6	7,2	105	79
640 a 710	5,8	7,4	108	82
710 a 780	5,8	7,6	112	85
780 a 860	6	7,8	116	87
860 a 940	6,2	8	119	90
940 a 1 030	6,4	8,2	123	93
1 030 a 1 140	6,6	8,5	127	95
1 140 a 1 250	6,8	8,8	131	98
1 250 a 1 370	7	9	135	102

Notas:

1. Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35, se obtendrá el espesor del forro entrando en la tabla 7 con un numeral N, incrementado según las indicaciones de la tabla 3.
2. El desarrollo de las tracas de cinta y de pantoque, se modificará, si es preciso, teniendo en cuenta las indicaciones del gráfico 6 y de la tabla 4.
3. Para detalles complementarios, ver 5.31.

Según la tabla:

Espesor:

Forro ordinario = 4,2 cm

Forro reforzado = 5,6 cm

Desarrollo:

Cintas = 76 cm

Pantoque = 57 cm

Durmientes y trancanil:

DURMIENTES Y TRANCANIL CONSTRUCCION CON TRANCANIL ANCHO

N Ver 4-03.1	Durmiente		Sotadurmiente (cada traca)		Trancanil	
	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.
60 a 66	12	5,4	12	3,8	8	4,6
66 a 73	12	5,4	12	3,8	8	4,6
73 a 80	13	5,6	13	4	8,5	4,8
80 a 88	13	5,8	13	4	8,5	5
88 a 97	13	5,8	13	4,2	9	5
97 a 106	14	6	14	4,4	9	5,2
106 a 116	14	6,2	14	4,4	9,5	5,2
116 a 128	14	6,4	14	4,6	9,5	5,4
128 a 141	15	6,6	15	4,8	10	5,6
141 a 155	15	6,8	15	4,8	10	5,8
155 a 170	15	7	15	5	10,5	6
170 a 187	16	7,2	16	5	10,5	6
187 a 206	16	7,4	16	5,2	11	6,2
206 a 227	17	7,6	17	5,4	11,5	6,4
227 a 249	17	7,8	17	5,6	11,5	6,6
249 a 274	18	8	18	5,6	12	6,8
274 a 300	18	8,2	18	5,8	12	7
300 a 330	19	8,2	19	6	12,5	7,2
330 a 365	19	8,5	19	6,2	13	7,4
365 a 400	20	8,8	20	6,4	13	7,4
400 a 440	20	9	20	6,4	13,5	7,6
440 a 485	21	9,3	21	6,6	14	8
485 a 535	22	9,6	22	6,8	14,5	8,2
535 a 585	22	10	22	7	15	8,5
585 a 640	23	10	23	7,2	15	8,5
640 a 710	23	10,5	23	7,4	15,5	8,8
710 a 780	24	10,5	24	7,6	16	9
780 a 860	25	11	25	7,8	16,5	9,3
860 a 940	25	11,5	25	8	17	9,6
940 a 1 030	26	11,5	26	8,2	17,5	10
1 030 a 1 140	27	12	27	8,5	18	10
1 140 a 1 250	28	12,5	28	8,8	18,5	10,5
1 250 a 1 370	29	12,5	29	9	19	10,5

Nota:

Los durmientes y el trancanil se determinarán a partir del numeral N, eventualmente aumentado según las indicaciones de la

Según la tabla:

Ancho:

Durmiente =17 cm

Sotadurmiente =17 cm

Trancanil =11,5 cm

Altura:

Durmiente =7,8 cm

Sotadurmiente =5,6 cm

Trancanil =6,6 cm

Estructura de la cubierta:**ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA**

N Ver 4-03.1	Baos ordinarios			Forro de la cubierta cm.
	Ancho cm.	Distancia media cm.	Distancia máxima cm.	
60 a 66	7,5	51	61	3,8
66 a 73	8	51	61	3,8
73 a 80	8,5	52,5	64	4
80 a 88	9	54	64	4
88 a 97	9	54	64	4
97 a 106	9,5	55,5	72	4
106 a 116	9,5	55,5	72	4,5
116 a 128	10	57	72	4,5
128 a 141	10	57	72	4,5
141 a 155	11	58,5	72	4,5
155 a 170	11,5	60	72	4,5
170 a 187	11,5	60	72	4,5
187 a 206	12	61,5	80	5
206 a 227	12,5	63	80	5
227 a 249	12,5	63	80	5
249 a 274	13,5	64,5	80	5
274 a 300	14	66	80	5
300 a 330	14	66	80	5
330 a 365	14,5	67,5	88	5,5
365 a 400	15	69	88	5,5
400 a 440	16	70,5	88	5,5
440 a 485	16	70,5	88	5,5
485 a 535	17	72	88	5,5
535 a 585	17,5	73,5	88	5,5
585 a 640	18,5	75	96	6
640 a 710	18,5	75	96	6
710 a 780	19	76,5	96	6
780 a 860	20	78	96	6
860 a 940	21*	79,5	96	6
940 a 1 030	22	81	104	6,5
1 030 a 1 140	22	81	104	6,5
1 140 a 1 250	23	82,5	104	6,5
1 250 a 1 370	24	84	104	6,5

Notas:

1. La altura de los baos será igual a 2,2 cm. por metro de manga B.
2. El escantillonado obtenido de esta tabla sirve solamente para baos ordinarios, en las condiciones de apuntalado.
3. Para detalles complementarios, ver 5-41 a 5-46.

Según la tabla:

Baos ordinarios:

Ancho=12,5 cm

Distancia media = 63 cm

Distancia máxima = 80 cm

Forro de la cubierta=5 cm

Altura de los baos= $2,2 \cdot 6,280 = 13,816$ cm

2-Las tablas de escantillones se aplican a buques contruidos de roble, cuya densidad sea por lo menos igual a 0,70 con un 15% de humedad, que tengan formas normales y las siguientes relaciones entre las dimensiones:

$$L/C=7 \quad B/C=2 \quad H/C=0,8$$

3-Para los cascos con proporciones diferentes, el escantillonado será objeto de las correcciones definidas en las tablas y gráficos 3, 4 y 6, para determinadas partes de la estructura.

Correcciones:

TABLA 3

- 36 -

AUMENTO DEL NUMERAL N

Valores $\frac{L}{C}$	de	7,35	7,65	7,80	7,95	8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,67	8,75	8,83	8,90	8,97
	a	7,65	7,80	7,95	8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,67	8,75	8,83	8,90	8,97	9,03
% de aumento		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

Nota: Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35, se utiliza un numeral N aumentado según la tabla 3, para determinar los elementos siguientes:

- escantillones de la quilla y sobrequilla, en la tabla 2;
- anchura de las cuadernas y varengas, en la tabla 5;
- espesor del forro exterior, en la tabla 7;
- escantillado de los durmientes y del trancanil, en la tabla 8.

TABLA 4

CORRECCION DE ESCANTILLONADO C_2

Valores $\frac{H}{C}$	de		0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61
	a	> 0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	
% de reducción		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Notas:

1. En los buques con gran astilla muerta, se aplica la corrección de escantillado C_2 al desarrollo, según el contorno de la cuaderna, de las cintas y pantoques.
2. Las correcciones C_2 y C_1 (véase gráfico 6) se suman teniendo en cuenta sus signos.

Según la tabla 3: Con $L/C=9,363 \rightarrow 30\%$ de aumento de:

- la quilla + sobrequilla \rightarrow Quilla:

Ancho =26 cm

Altura =32,5 cm

Sobrequilla:

Ancho = 26 cm

Altura = 25,35 cm

-anchura cuadernas + varengas → ancho = 11,05 cm

-espesor forro exterior →

Forro ordinario = 5,46 cm

Forro reforzado = 7,28 cm

-durmientes + truncanil → Ancho:

Durmiente = 22,1 cm

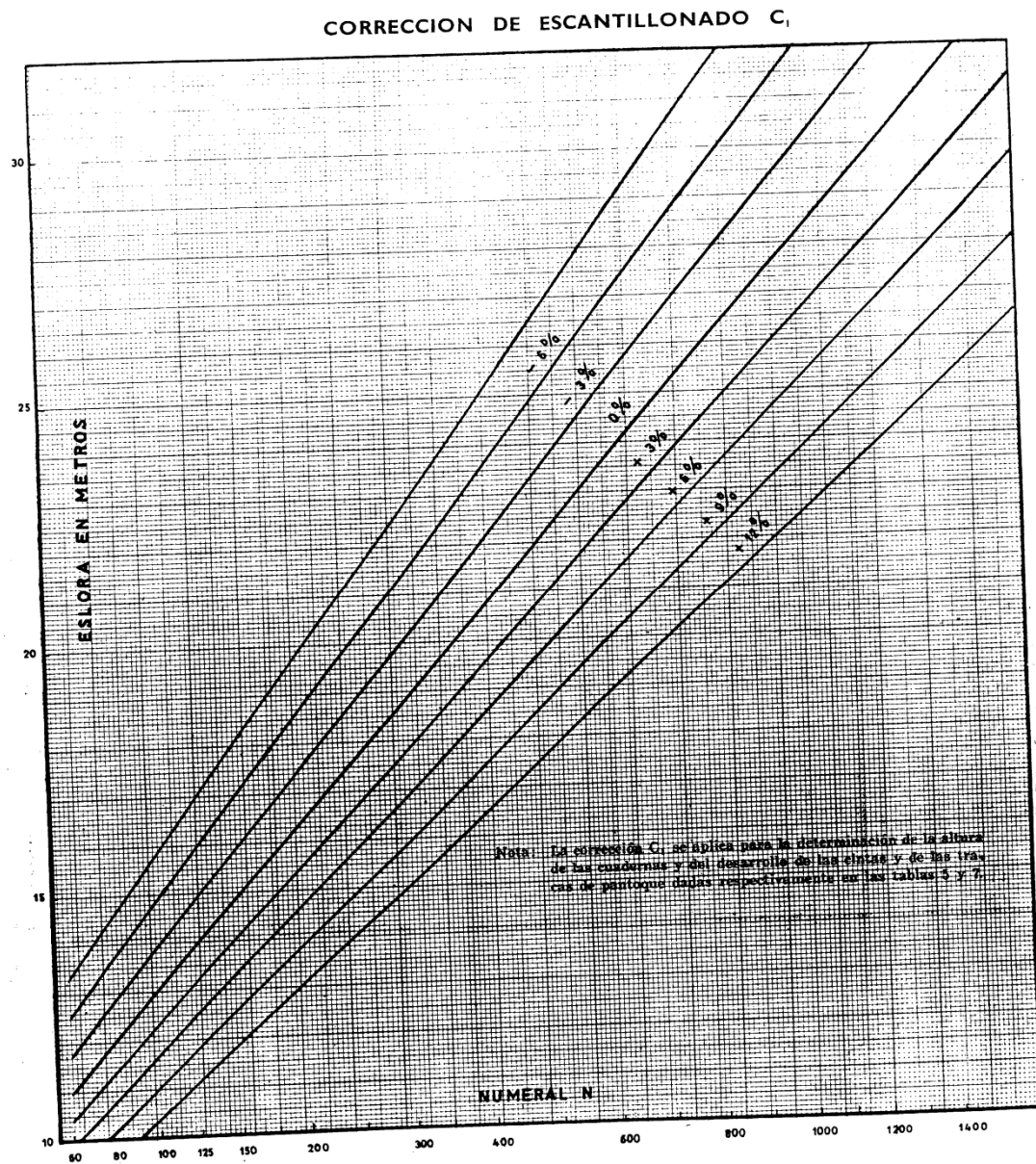
Truncanil = 14,95 cm

Altura:

Durmiente = 10,1 cm

Truncanil = 8,58 cm

Según la tabla 4: $H/C > 0,79 \rightarrow C2 = 0\%$



Según el gráfico: $C_1 = -3,5\%$ en:

-Altura de las cuadernas:

Cubierta = 8,685 cm

Pantoque = 12,545 cm

Pie = 14,958 cm

-Desarrollo de cintas + tracas de pantoque:

Cintas = 73,34 cm

Pantoque = 55,005 cm

4-Principios de equivalencia y límites de proporcionalidad de las diferentes piezas entre sí, permitirán adaptar el escantillonado reglamentario a las dimensiones prácticas del comercio y a las pequeñas variantes de disposición.

5-Todos los escantillones se entenderán para piezas terminadas.

6-Se podrán admitir otros sistemas de construcción que presenten garantías de solidez y de seguridad equivalentes, a condición de que los planos hayan sido aprobados previamente por la Administración.

7-Cuando se utilicen otras maderas distintas del roble, los escantillones deberán ser modificados de acuerdo con las características mecánicas del material.

En principio, los aumentos siguientes son normalmente aplicables:

-Un 10% en el espesor de los forros del casco y en la dimensión en altura o a la grúa de los palmejares, de pino tea, de alerce o de pino rojo de densidad no menor de 0,60; los palmejares se aumentarán en la misma proporción a la línea o ancho, excepto cuando se utilice pino tea.

-Un 20% en el espesor del forro del casco y sobre la altura y ancho de los palmejares de abeto, pinabete o álamo blanco.

Por otra parte, no se exige ningún aumento, en principio, para el forro de las cubiertas de pino tea, pino rojo o abeto.

Como el forro es de pino tea, los espesores quedan de la siguiente manera:

-Forro ordinario=6,006 cm

-Forro reforzado=8,008 cm

5.3.-Piezas principales.

5.3.1.-Quilla y sobrequilla.

5.3.1.1.-Escantillones.

Para los escantillones cuya relación L/C sea inferior a 7,35, los escantillones se dan directamente en la tabla 2.

Cuando esta relación tenga un valor superior, los escantillones se obtienen entrando en la tabla 2 con un numeral N aumentado según la tabla 3.

5.3.1.2.- Equivalencia.

Se pueden aceptar escantillones diferentes si se satisfacen las condiciones siguientes:

1-El ancho de la quilla debe ser por lo menos igual a cuatro veces el espesor del forro exterior ordinario. Esa dimensión se aumentará, si es preciso, en los buques con una gran astilla muerta, para que el ancho de la quilla en el interior del alefriz no se reduzca más del 40%.

2-La altura de la quilla será, por lo menos, igual a 1,5 veces el ancho.

3-La sección total (quilla + sobrequilla) debe tener, por lo menos, el valor definido como sigue:

-La sección total está dada en la tabla 2, entrando eventualmente en ella con un numeral N aumentado según la tabla 3.

-La sección de la sobrequilla no se contará en la sección total si es inferior a un cuarto de la sección total reglamentaria.

4-Si el numeral N es mayor de 300, la sobrequilla debe tener por lo menos, un cuarto de la sección total reglamentaria.

Si N es inferior, la sobrequilla puede, eventualmente, suprimirse; en ese caso, los escantillones de las varengas deben aumentarse.

5-En los buques que varen frecuentemente, se recomienda aumentar la sección total, por lo menos, en un tercio.

5.3.1.3.- Longitud de las piezas.

1-Las piezas que componen la quilla y sobrequilla serán lo más largas posible.

2-Una quilla o una sobrequilla pueden ser construidas en dos o tres piezas, si su longitud es mayor de, respectivamente, 11 ó 22 metros. Si es de 3 piezas, la distancia entre los extremos más próximos de dos escarpes será por lo menos de 10 metros; la Administración podrá conceder ciertas derogaciones a estas reglas, especialmente si se aumenta la sección total de la quilla más sobrequilla o si la sobrequilla lleva adosadas sobrequillas laterales.

3-Los escarpes de la quilla y los de la sobrequilla deberán estar desplazados entre sí; la distancia entre los dos extremos de escarpe más cercanos será, por lo menos, de cinco claras de cuadernas.

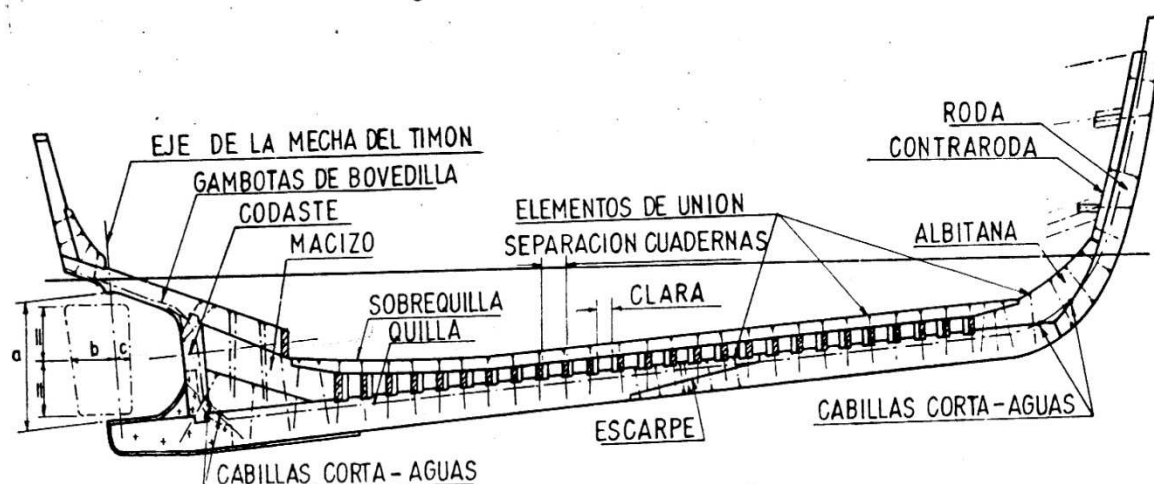
4-No se colocará ningún escarpe a menor distancia de una clara de cuadernas de un mamparo principal, a menos de dos claras del extremo de los polines del motor, ni a menos de cuatro claras de la coz de un palo soportado por la sobrequilla.

5.3.1.4.-Escarpes.

1-Los escarpes de la quilla y los de la sobrequilla se dispondrán planos. Su longitud será igual a 5 veces la altura de la pieza escarpada. Los extremos del escarpe tendrán del 20 al 25% de la altura de la pieza; sin embargo, cuando existan una contraquilla o una contra sobrequilla, el escarpe puede terminar en bisel en la parte sobre la que esté colocada la pieza de refuerzo.

2-Los escarpes de la quilla llevarán cabillas cortaaguas.

Figura 2 - PIEZAS PRINCIPALES



5.3.2.-Roda.

1-Las dimensiones reglamentarias se dan en la tabla 2.

2-Si se utilizan otras dimensiones, la roda no debe tener un ancho menor a 4 veces el espesor del forro exterior ordinario. La altura en la zona del pie de roda, bajo la albitana, será por lo menos igual a 1,5 veces el ancho reglamentario, y puede reducirse a una vez el ancho en la parte alta de la roda, siempre que quede bastante madera en el fondo del alefriz para que se pueda sujetar el forro exterior. Se recomienda adoptar una disposición que permita evitar un saliente demasiado pronunciado por delante del alefriz, a fin de que la roda no sea sensible a los choques laterales.

3-En principio, la roda será de una sola pieza. Si se está obligado a construirla de dos piezas, el escarpe tendrá una longitud por lo menos igual al triple de la altura y la roda deberá reforzarse por una contrarroda de sección cuadrada del mismo ancho que la roda.

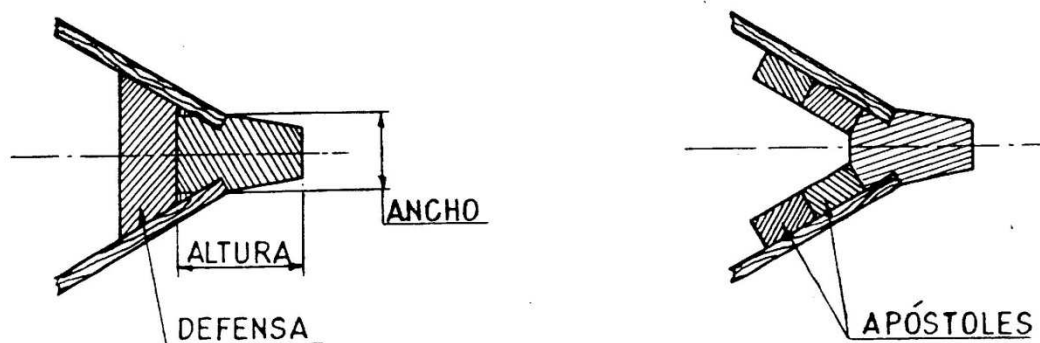
4-La roda estará reforzada por apóstoles o por una contrarroda formando escudo si la longitud de apoyo de los extremos del forro exterior es insuficiente para efectuar las uniones reglamentarias del forro.

5-El pie de roda se unirá a la quilla, encepándolo por una unión a espiga: en este caso, y para consolidar la unión, deberán colocarse pletinas de unión laterales incrustadas en las superficies laterales. La roda se puede unir también a la quilla, interponiendo entre ambas una pieza de madera con curvatura natural, cuya fibra siga el sentido de la curvatura, que constituirá así el pie de roda y que deberá unirse a la roda ya a la quilla por sendos escarpes.

La albitana debe apoyarse sobre la roda en una longitud de por lo menos un cuarto de la longitud de ésta. Su brazo horizontal será más largo, si es necesario, para que pueda recibir los pies de las semicuernas y el extremo de la sobrequilla.

6-Cuando se adopten disposiciones diferentes, serán objeto, en cada caso, de un examen particular.

Figura 3 - SECCIONES DE LA RODA



5.3.3.-Codaste.

1-Los escantillones que se dan en la tabla 2, son los correspondientes al pie y a la parte alta del codaste. Se recomienda perfilar el codaste por la popa del alefriz para obtener una buena salida de los filetes líquidos. Sin embargo, en cada costado el henchimiento o núcleo de la bocina deberá conservarse la mitad de la sección reglamentaria.

2-Si se emplean dimensiones diferentes, el codaste debe tener, por lo menos, las siguientes dimensiones:

-en el ancho, a la altura del núcleo de la bocina, en la línea exterior del alefriz, el diámetro del agujero más 4,5 veces el espesor del forro exterior.

-en altura, por lo menos la dimensión reglamentaria.

3-El codaste debe ser de una sola pieza. Si no está encepado a una gambota central, se recomienda prolongarlo hasta la cubierta. Cuando la gambota no se una directamente a los macizos, el codaste deberá reforzarse a proa con un contracodaste, a no ser que el vano de la hélice esté cerrado a popa con un codaste popel.

4-El codaste debe unirse con la quilla por caja y espiga y, además, por lo menos, por una abrazadera metálica empernada a través del codaste y la quilla. Cuando no existe codaste popel, se recomienda que la abrazadera se sustituya por dos cartelas

metálicas soldadas a la tira de refuerzo, que al mismo tiempo refuercen el talón de la quilla.

5.3.4.- Macizos de popa.

Este macizo deberá estar dispuesto y unido de tal forma que asegure convenientemente sus diversas funciones:

- reforzar la unión del codaste a la quilla con una curva.
- recibir la extremidad de popa de la sobrequilla.
- completar el apoyo de los extremos del forro.
- suministrar un apoyo conveniente a los pies de las semicuernas o a las falsas varengas.
- ayudar eventualmente a soportar las gambotas de la bovedilla; en este caso será lo bastante ancho para que se pueda encabillar verticalmente a cada costado de la bocina.

5.3.5.-Gambota central de la bovedilla.

1-Si esta gambota está encepada sobre el codaste y unida al macizo, su voladizo no debe exceder de los tres quintos (60%) de su longitud total, para una popa de escudo, o de los dos tercios (67%) de la longitud hasta la cubierta, si no existe escudo.

2-Si la gambota va unida a un codaste que se prolonga hasta la cubierta, estará entallada en el codaste para con ello evitar el desplazamiento vertical. Se unirá igualmente al codaste por medio de una curva. Además, la gambota central se doblará por dos gambotas laterales unidas al codaste y a los macizos o al contracodaste.

5.3.6.-Cabillas cortaaguas.

1-Se colocará una cabilla cortaaguas de abeto bien seco en cada intersección del alefriz con la unión de dos piezas. Esta cabilla atravesará la estructura en el plano de unión de las dos piezas y desembocará en cada costado en la parte del alefriz que deba ser calafateada.

2-Se deben colocar, principalmente, cabillas cortaaguas en la unión de la quilla con el codaste, la roda o el pie de roda, en los escarpes de la quilla y en la unión de la bovedilla con el codaste.

5.4.-Estructura transversal.

5.4.1.- Cuadernas compuestas dobles.

5.4.1.1.-Escantillones.

1-La tabla 5 da la separación o clara entre cuadernas de eje a eje y los escantillones de cada uno de los planos de varengas y ligazones en el centro de la quilla, en el pie de las cuadernas, en el pantoque y en la parte alta de las cuadernas, para los buques cuyas proporciones están definidas en 4-03.2 (figura 4).

2-En caso de un casco con proporciones diferentes, la altura se modificará, en principio, de acuerdo con la corrección indicada en el gráfico 6. Sin embargo, si la corrección es una reducción, la altura de las partes altas de las cuadernas no deberá ser inferior a 1,6 veces el espesor de las cintas.

En los buques cuya relación L/C es superior a 7,35, el ancho de las cuadernas se obtiene entrando en la tabla 5 con el numeral N aumentado según la tabla 3.

Por otra parte, si la astilla muerta de la varenga es de importancia, la altura de las varengas deberá aumentarse para suavizar su contorno interior y no cortar las fibras de la madera. En principio, la altura en el centro no deberá ser inferior a la altura del pie de las cuadernas, aumentada en la décima o quinta parte de $C-H$, según que exista o no una sobrequilla central.

5.4.1.2.-Cuadernas, topes, empalmes.

1-Las piezas de las cuadernas deberán obtenerse de forma que sigan la fibra de la madera.

2-Las diversas piezas de un mismo plano estarán en contacto por topes planos.

3-Los empalmes o entrecruzamiento de las ligazones de uno y otro plano deberán tener, en principio, una longitud igual por lo menos a 5 veces la altura de las ligazones.

5.4.1.3.-Varengas y genoles.

1-En la construcción con varengas sencillas, el brazo de las varengas tendrá una longitud por lo menor igual a $0,15 B$ en la zona de la cubierta maestra. Cada genol tendrá una longitud por lo menos igual a $0,4 B$.

2-En la construcción con varengas dobles, el entrecruzamiento de los dos planos será, por lo menos, igual a $0,2 B$ y la longitud de cada varenga será, por lo menos, de $0,5 B$.

3-Las varengas deberán encastrarse sobre la parte alta de la quilla.

Si la profundidad del entalle no es superior al 10% del ancho de la quilla, no habrá que tener en cuenta la disminución de la sección de la quilla al efectuar el cálculo de la sección total de la tabla 2.

5.4.1.4.-Cuadernas en los extremos.

1-En los extremos del buque, donde no existen varengas normales, los pies de las semicuaternas deberán ser no solamente unidos a las piezas, sino también ensamblados de tal forma que se evite cualquier deslizamiento.

2-Si las últimas cuadernas están cortadas de una sola pieza (ligazón), pueden ser sencillas, en lugar de estar constituidas por dos planos. En este caso, la clara entre ejes deberá disminuirse en el espesor de un plano de ligazones.

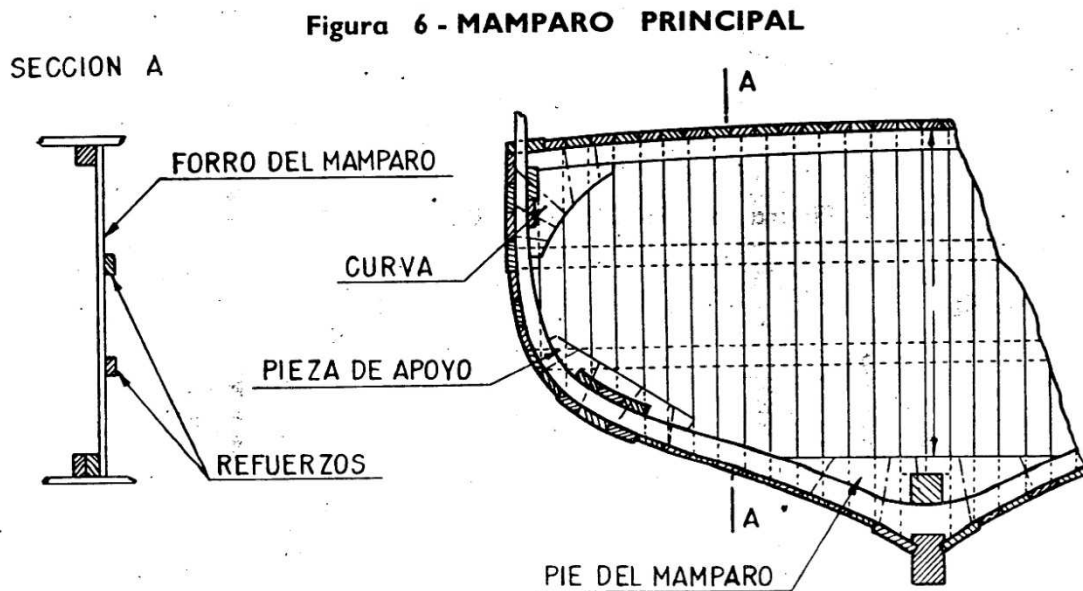
3-En aquellas zonas en que el forro exterior esté demasiado inclinado con respecto al plano de las cuadernas perpendiculares al forro dispuestas con la misma clara normal, medida siguiendo el desarrollo del forro.

5.4.2- Mamparos principales.

1-El sistema de construcción de los mamparos principales prescritos puede ser el siguiente para buques sin entrepuente.

1.1-Cada mamparo se montará sobre un contorno completo, constituido por una cuaderna y por un bao convenientemente situado en el mismo plano transversal, completado por una varenga alta, curvas verticales situadas bajo los baos y piezas de apoyo sobre los palmejares del forro interior. El espesor de la varenga alta, de las curvas verticales y de las piezas de apoyo, será igual al ancho de las ligazones de cuaderna a que cada una de estas piezas vaya encabillada.

1.2-Si el forro del mamparo es sencillo, sin refuerzos verticales, y está constituido por tabloncillos verticales machihembrados, tendrá como mínimo el espesor siguiente: 2,4cm cuando la altura h desde la parte superior de la varenga alta hasta el punto más alto del bao de la cubierta sea inferior a 1,60 metros o 1,5% de h cuando esta altura sea superior a 1,60m. Deberán colocarse refuerzos horizontales con una separación máxima de 30 veces el espesor del forro del mamparo.



5.5.-Forro exterior, palmejares y truncaniles.

5.5.1.-Forro exterior.

5.5.1.1.-Escantillonado.

1-Los espesores del forro exterior ordinario y de las tracas reforzadas (aparadura, pantoques, cintas) se dan en la tabla 7.

2-A proa y a popa de la semieslora central, la aparadura y las tracas de pantoque pueden disminuir gradualmente de espesor hasta alcanzar el mismo valor que el del forro exterior ordinario.

3-Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35, el espesor del forro exterior se obtiene entrando en la tabla 7 con un numeral N aumentado según la tabla 3. En este caso se admitirá que el espesor a proa y a popa de la semieslora central se reduzca hasta alcanzar los espesores dados por la tabla 7 para el numeral N sin aumentar.

5.5.1.2.-Topes y aberturas.

1-En principio, ningún tablón tendrá menos de 6 m de longitud, salvo en los extremos del buque.

2-Los topes de dos tracas adyacentes estarán separados unos de otros por lo menos tres intervalos o claras de cuadernas. Los topes de las tracas separadas por una traca intermedia estarán separados por lo menos dos claras de cuadernas. Los de tracas separadas por dos tracas intermedias estarán separados, por lo menos, una clara de cuadernas. Las uniones situadas en la misma clara deberán estar separadas por tres claras como mínimo.

3-Las mismas reglas deben ser observadas para la distancia que debe existir entre los topes del pantoque con relación a los de los palmejares de la misma zona.

4-Los topes de las dos tracas superiores de las cintas deben estar separados de los empalmes y topes de las cuerdas durmientes y de los del trancanil.

5-Los topes de la aparadura deberán estar a 1,50 metros como mínimo de los escarpes de la quilla.

6-En las aperturas del forro exterior que tengan un diámetro superior a un tercio del ancho de una traca, se dispondrá, en principio, un tablón doblante interior, fijado a la raca perforada y a las dos tracas adyacentes.

Para las aperturas de los sondadores, los espacios libres entre cuadernas deben rellenarse por medio de macizos sujetos al forro exterior y a las cuadernas. Si es necesario cortar un genol o una cuaderna completa, la disposición del macizo deberá someterse a aprobación de la Administración.

5.5.2.-Palmejares de pantoque.

1-En la zona central de la eslora los palmejares de pantoque tendrán, en principio, el mismo espesor y el mismo desarrollo que las tracas de pantoque reglamentarias.

2-A proa y a popa de la semieslora central, el ancho de las tracas puede disminuir gradualmente hasta los extremos, donde la reducción puede alcanzar el 25%.

En la proa se debe colocar una buzarda que una los palmejares de pantoque a la roda.

5.5.3.-Cuerdas y trancaniles.

5.5.3.1.-Escantillonado.

1-La tabla 81 da el escantillonado de los durmientes, sotadurmientes y trancaniles de la cubierta principal, en el caso de que el buque lleve un trancanil ancho y no tenga contradurmiente (fig7).

2-El escantillonado del trancanil es el de la parte intacta situada por el interior de los barraganetes. Si esta parte está constituida por dos tracas, el ancho deberá aumentarse en un 50%.

3-La tabla 82 da el escantillonado de los durmientes, sotadurmientes, contradurmientes y trancaniles de la cubierta principal, en el caso de una construcción con trancanil estrecho (fig 7). La dimensión intacta del ancho del trancanil por el interior de los barraganetes, deberá ser por lo menos igual a su altura.

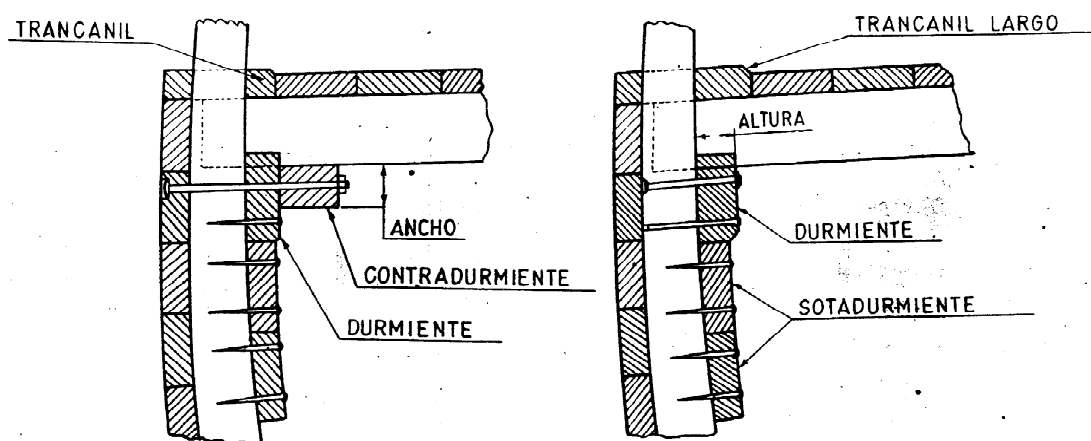
4-Para un buque cuya relación L/C sea superior a 7,35, se entrará a las tablas 81 u 82 con el numeral N aumentado como se indica en la tabla 3.

5-La sección del durmiente deberá aumentarse si se entalla más de 1/5 (20%) para las colas de milano de unión con los baos.

6-En principio, se colocarán dos tracas de sotadurmientes del escantillón dado en las tablas. Sin embargo, puede colocarse solamente una traca con las dimensiones reglamentarias o aún ninguna en buques pequeños: en estos dos casos el ancho del durmiente deberá aumentarse, respectivamente, en un cuarto (25%) o en la mitad (50%).

7-El ancho de las cuerdas de las superestructuras y de los entrepuentes podrá reducirse en un 25% en los buques cuya cubierta principal sea continua.

Figura 7 - DURMIENTES Y TRANCANIL



5.5.3.2.-Escarpes y topes.

1-Las piezas de durmientes y de contradurmientes deberán ser lo más largas posible: en principio, ninguna pieza será menor de 7 m de longitud, excepto en los extremos del buque. Las piezas de un durmiente escantillonadas según la tabla 8, o de un contradurmiente escantillonado según la tabla 82, deberán unirse por medio de escarpes cuya longitud sea tal que apoyen sobre dos cuadernas e igual por lo menos a 3,5 veces su ancho.

2-Las piezas de los sotadurmientes deberán unirse entre sí por medio de escarpes que se apoyen sobre dos cuadernas, si no hay más que una traca de sotadurmientes y no hay contradurmiente.

3-Las piezas de un trancanil ancho deberán unirse a escarpe si el trancanil está constituido por una sola traca. En este caso, el escarpe deberá tener por lo menos una longitud de 3,5 veces el ancho reglamentario del trancanil.

4-Los escarpes o topes de los durmientes, sotadurmientes, contradurmientes y trancaniles, deberán disponerse convenientemente separados entre sí y con los topes de las dos tracas superiores de las cintas. Los topes o escarpes de las dos piezas adyacentes, deberán distar entre sí, por lo menos, 3 claras de cuadernas. Dos escarpes o topes no deberán encontrarse situados sobre la misma cuaderna.

5.5.3.3.-Extremos.

1-A proa y a popa de la semieslora central del buque, la sección de las piezas podrá reducirse progresivamente hasta los extremos, donde la reducción puede llegar al 25%.

2-Los extremos de los durmientes, contradurmientes y trancaniles, deberán unirse por buzardas a las piezas principales y, si es preciso, al escudo de popa.

5.6.-Estructura de la cubierta.

5.6.1.-Baos ordinarios.

5.6.1.1.-Escantillonado.

El ancho y la separación media de eje a eje de los baos ordinarios, sin barrotines intermedios, están dados en la tabla 9. La altura de los baos será igual a 2,2 cm por metro de la manga B.

5.6.1.2-Separación entre baos.

La separación entre ejes puede aumentarse localmente, sin reforzar los baos, siempre que no se sobrepase la separación máxima dada en la tabla 9. En este caso, sin embargo, el intervalo entre los baos adyacentes deberá reducirse de tal forma que la separación media de tres intervalos de baos consecutivos sea siempre por lo menos igual a la separación media dada en la tabla 9.

5.6.1.3-Disposición del apuntalado.

1-El escantillonado definido en 1 y 2 se aplica a los baos que están soportados en algunos puntos por mamparos principales y por puntales, repartidos de una de las formas indicadas en los párrafos siguientes.

2-Los puntales pueden colocarse directamente bajo un bao o bien servir de apoyo a dos baos por intermedio de un entremiche. En este caso, los puntales deberán repartirse entre los mamparos principales a intervalos que no sobrepasen de dos veces la separación media entre baos, más 80cm. A lo largo de la manga, los puntales deberán colocarse a una distancia del plano de crujía igual como máximo a un cuarto de la manga del buque.

3-Si los puntales están colocados en hileras bajo una cuerda a cada banda, su separación puede llegar a ser de 5 veces la separación media entre baos. En este caso, las cuerdas deberán tener un ancho igual al de los baos y una altura igual a 1/5 (20%) de la separación media entre baos.

4-Los puntales situados bajo las cuerdas de unión de las casetas a cubierta, deberán fijarse de forma especial para que puedan resistir los esfuerzos de tracción.

5.6.2.-Barrotines.

1-Los barrotines dispuestos por el través de las aberturas de cubierta, pueden repartirse a una distancia igual a la separación máxima dada por la tabla 9, si son del mismo escantillón que los baos ordinarios.

2-En los costados de las aberturas de cubierta, los barrotines deberán estar unidos a las brazolas de escotillas y, en todo lo que sea posible, estarán comprendidos entre las brazolas y las cuerdas.

5.6.3.-Reforzado.

1-Si no se pueden cumplir las condiciones de sujeción de los puntales dadas en 5.41-3, los baos deberán reforzarse. La altura y el ancho se aumentarán, en principio, en un 25%.

2-Los baos a los que están ensambladas otras piezas, deberán reforzarse para compensar los entalles de unión.

3-Baos reforzados o refuerzos equivalentes, deberán colocarse en los extremos de las casetas, en las fogonaduras de los palos y, en general, en aquellos lugares de la cubierta que deban soportar esfuerzos importantes y concentrados.

La unión de los extremos de estos baos a los durmientes deberá hacerse por curvas horizontales y verticales o dispositivos equivalentes.

5.6.4.-Forro.

1-El espesor del forro de cubierta está dado en la tabla 9. En principio, el ancho de las tracas no deberá ser mayor de dos veces el espesor, más 4cm.

2-La longitud de los tablones deberá ser de 4 m. Como mínimo, excepto para aquellos situados entre dos aberturas de la cubierta y en los extremos del buque.

3-Los topes de dos tablones consecutivos deberán estar separados por dos intervalos de baos, como mínimo.

Entre dos topes situados en el mismo bao deberán existir, como mínimo, tres tracas.

5.7.-Planos estructurales.

Según lo descrito en este capítulo, unas cuadernas del buque dimensionadas con los requisitos obtenidos por el reglamento Bureau Veritas son adjuntadas en el anexo, en los planos número

5.8.- Elementos de unión, calafateado y protección.

5.8.1.-Cabillas y pernos.

5.8.1.1.-Escantillonado.

1-El diámetro mínimo de las cabillas y pernos de acero galvanizado se da en la tabla 11, en función del escantillón de la pieza indicado en la siguiente tabla para las diferentes piezas de la estructura y para la distribución de elementos de unión indicada en 6-12.

CABILLAS Y PERNOS

Uniones	Para entrar en la tabla 11	
	Dimensión de la pieza	Número de la línea
Quilla y sobrequilla a cada varenga Polines del motor sobre varenga	Ancho de la quilla	3
Escarpes de quilla o de sobrequilla	$\left. \begin{array}{l} \text{Ancho} + \text{altura de la pieza} \\ \text{ancho} \end{array} \right\} \text{la dimensión menor}$	2
	o $\frac{\text{ancho}}{2}$	
Macizos, roda, codaste	Ancho de las piezas	3
Ligazones de cuadernas. Curvas de madera	Ancho de una ligazón de cuaderna	2
Forro exterior a cuadernas	Espesor del forro	1
Vagras de pantoque, sotadurmientes y durmientes a cuadernas	Altura de la pieza fijada	1
Contradurmientes a durmientes y cuadernas	$\left. \begin{array}{l} \text{Altura del contradurmiente} \\ \text{ancho} + 2 \text{ altura} \end{array} \right\} \text{la dimensión menor}$	1
	o $\frac{\text{ancho}}{3}$	
Bao a trancañil y durmiente Bao a durmiente Bao a contradurmiente	Ancho + altura del bao	3
	2	
Elementos de unión horizontales del trancañil	Altura	2

TABLA 11

Dimensión de la pieza en cm. según la tabla 10	1	3 a 3,6	3,6 a 4,4	4,4 a 5	5 a 5,8	5,8 a 6,6	6,6 a 7,2	7,2 a 8,2	8,2 a 9
	2				6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11
	3				7,5 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12,5	12,5 a 13,5
Diámetro en mm.		8	9	10	11	12	13	14	15

Dimensión de la pieza en cm. según la tabla 10	1	9 a 10	10 a 10,5	10,5 a 11,5	11,5 a 12,5	12,5 a 13,5	13,5 a 14,5	14,5 a 15,5	15,5 a 17
	2	11 a 12	12 a 13	13 a 14,5	14,5 a 15,5	15,5 a 16,5	16,5 a 18	18 a 19	19 a 20,5
	3	13,5 a 15	15 a 16,5	16,5 a 18	18 a 19,5	19,5 a 21	21 a 22,5	22,5 a 24	24 a 26
Diámetro en mm.		16	17	18	19	20	21	22	23

Dimensión de la pieza en cm. según la tabla 10	1	17 a 18	18 a 19						
	2	20,5 a 22	22 a 23	23 a 25					
	3	26 a 27,5	27,5 a 29	29 a 30,5	30,5 a 32	32 a 34	34 a 36	36 a 38	
Diámetro en mm.		24	25	26	27	28	29	30	

2-El diámetro de las cabillas de acero no galvanizado deberá aumentarse en 3 mm.

5.8.1.2.-Cabillas de punta perdida.

1-Las cabillas de punta perdida utilizadas para la unión de las piezas principales, deberán penetrar en la última pieza una longitud por lo menos igual a 12 veces el diámetro de la cabilla reglamentaria.

2-Las cabillas de punta perdida empleadas en lugar de cabillas remachadas, para la fijación del forro y de los palmejares, deberán penetrar en la cuaderna una longitud por lo menos igual a 2 veces el espesor de la traca fijada. Estas cabillas tendrán, en principio, una cabeza forjada.

3-Las cabillas de punta perdida deberán disponerse en cola de milano, es decir, dando a cada cabilla una inclinación contraria a la anterior y a la siguiente, tanto en las uniones de las piezas principales como en todas aquellas en que ello sea posible.

4-El apriete o diferencia de diámetro entre el agujero inicial y la cabilla, deberá ser tan grande como sea posible. En principio, esta diferencia de diámetro será por lo menos igual al 10% del diámetro inicial de las cabillas de acero.

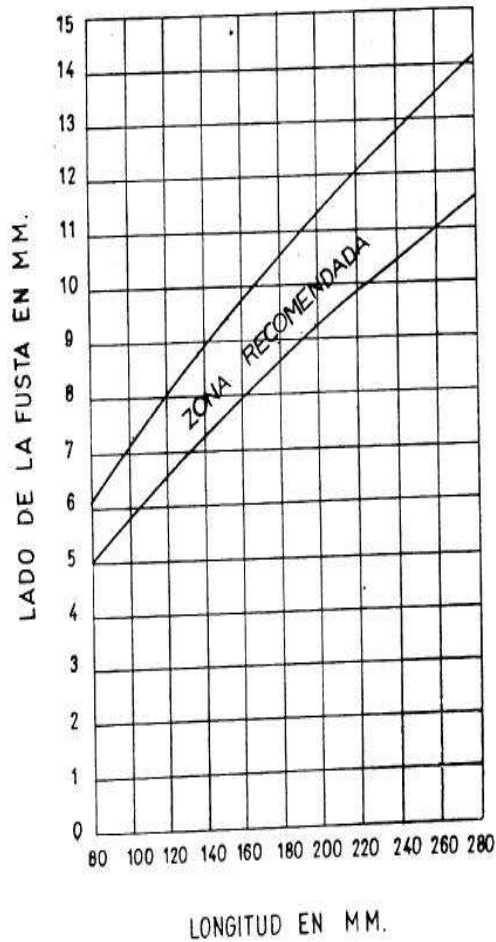
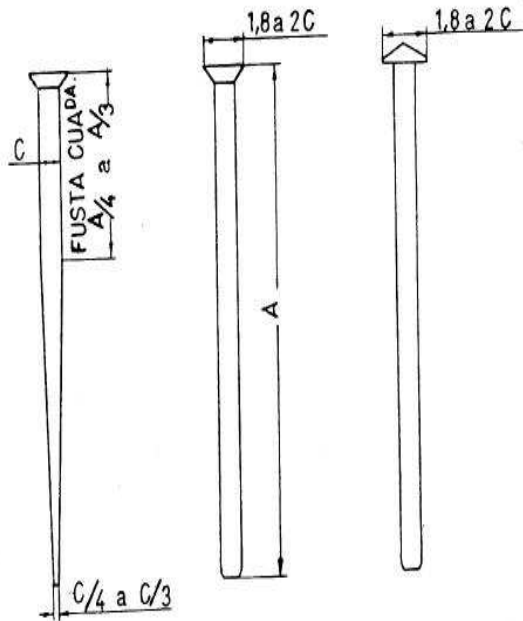


Figura 8
PROPORCIONES RECOMENDADAS
PARA LOS CLAVOS



5.8.1.3.-Cabillas remachadas.

1-En principio, las cabillas que se empleen para fijar el forro exterior, tendrán cabeza forjada. La estanqueidad bajo la cabeza deberá asegurarse colocando unos hilos de estopa enrollados en el cuello o por un procedimiento equivalente.

2-La diferencia de diámetro entre la cabilla y el agujero de la pieza donde se coloquen cabillas remachadas, deberá ser tan grande como sea posible y, por lo menos, igual al 5% del diámetro de la cabilla.

3-Las cabillas deberán remacharse sobre fuertes arandelas.

5.8.1.4.-Pernos.

1-La parte fileteada de los pernos tendrá, en principio, un diámetro menos que el fuste, para evitar su deterioro durante el montaje.

2-Los agujeros para los pernos deberán barrenarse a un diámetro algo inferior o por lo menos igual al del perno para que los pernos entren a rosca en la pieza.

3-Las tuercas deberán apretarse sobre fuertes arandelas, después de lo cual, y para inmovilizarlas, se procederá a retacar el vástago del perno sobre la tuerca. Los pernos que atraviesen el casco deberán llevar la tuerca por el interior del casco y su estanqueidad deberá asegurarse a la altura de la cabeza.

5.8.2.-Clavazón.

1-La figura 8 indica las proporciones recomendadas para los clavos de acero galvanizado.

2-Los clavos deberán tener una longitud por lo menos igual a 2,2 veces el espesor de las tracas que fijen y penetrar en la pieza soporte por lo menos 1,5 veces el espesor del forro o 1,2 veces el espesor de los palmejares.

3-Las puntas que puedan utilizarse eventualmente en lugar de clavos, para clavar el forro de la cubierta, deberán ser galvanizadas en caliente. Deberán tener cabezas fuertes, con preferencia fresadas. Su longitud y su penetración en los baos deberán ser las mismas definidas en 2 para los clavos.

5.8.3.-Disposición de los elementos de unión.

5.8.3.1.-Piezas principales.

1-La sobrequilla y la quilla deberán unirse, en cada cuaderna, por lo menos por medio de un elemento de unión que deberá atravesar también un plano de varenga. Esos elementos de unión pueden ser: cabillas de punta perdida, si la altura de la quilla es suficiente; cabillas remachadas o pernos.

Si la dimensión (ancho+altura) de la sobrequilla es superior a 3 veces el ancho de la quilla, la sobrequilla deberá, además, unirse a cada varenga por medio de una cabilla de punta perdida.

2-Si existen sobrequillas laterales adosadas a la sobrequilla, deberán encabillarse o empernarse horizontalmente en cada espacio entre cuadernas y encabillarse a la varenga en cada cuaderna.

3-Cada escarpe de quilla o de sobrequilla deberá llevar, independientemente de los elementos de unión comunes con otras piezas, un perno por cada 30 cm de longitud de escarpe, con un mínimo de 4 pernos.

4-La roda, la contrarroda, los macizos y la quilla deberán, en principio, encabillarse o empernarse entre sí a la misma separación media de la quilla y la sobrequilla. Esta separación se reducirá, si es preciso, para que la quilla y la roda se unan cada una al pie de roda con, por lo menos, tres elementos de unión. Se deberán disponer elementos de unión complementarios, si los macizos están constituidos por varias piezas superpuestas unidas por planos sucesivos.

5.8.3.2.-Estructura transversal.

1-Las ligazones de las cuadernas dobles deberán unirse entre sí por medio de dos elementos de unión (pasadores, clavos, etc.) en cada empalme. En la construcción con varengas sencillas, cada genol deberá unirse a la varenga por medio de 3 elementos de unión de los tipos indicados para las cuadernas dobles. En la construcción con varengas dobles, éstas deberán unirse entre sí por cuatro de dichos elementos, como mínimo.

2-Los escarpes de las cuadernas sencillas deberán estar atravesados, por lo menos, por dos pernos o por dos cabillas remachadas, independientemente de la clavazón del forro exterior y de los palmejares.

3-El forro de los mamparos principales deberá estar sólidamente unido a todo el contorno del mamparo. Deberán unirse al marco de contorno por lo menos por clavos dispuestos con una separación de 5 cm más dos veces el espesor del mamparo.

5.8.3.3.-Forro exterior, palmejares y trancaniles.

1-Las tracas del forro exterior de los palmejares de bodegas y de los durmientes, podrán ir totalmente clavadas, fijarse usando clavos y cabillas o pernos o estar enteramente encabilladas o empernadas, según uno de los sistemas de unión indicados en la tabla 12. Los elementos de unión deberán repartirse entre los dos planos de ligazones de las cuadernas dobles.

2-Los elementos de unión del durmiente al costado pueden distribuirse según se indica en la tabla 12; sin embargo, deberá colocarse por lo menos una cabilla remachada

o un perno cada dos cuadernas. Las cabillas remachadas o los pernos, podrán atravesar las cintas y servir igualmente para fijar el sotadurmiente, si existe.

3-El sotadurmiente deberá unirse al durmiente y a las cuadernas por lo menos con un perno o una cabilla remachada cada dos cuadernas y por una cabilla de punta perdida en las cuadernas intermedias.

4-Los trancañiles estrechos se clavarán sobre los baos y sobre la primera cinta.

Los trancañiles anchos deberán encabillarse al durmiente a través de cada extremo de bao. Sus escarpes deberán recibir por lo menos dos cabillas horizontales. Los trancañiles formados por dos tracas, se deberán unir, en principio, por un encabillado en cola de milano o por cabillas remachadas. Los trancañiles con cajas llevarán, en principio, a la misma separación que las cuadernas, una cabilla remachada que atravesase la primera cinta y dos clavos en cada espacio entre ellas.

**DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS DE UNION DEL FORRO EXTERIOR
Y DURMIENTES**

Tipo del elemento de unión	Ancho de la traca cm.	En cada cuaderna	Cada dos cuadernas	En todos los topes
Clavos	< 12	2 clavos	—	2 clavos
	12 a 20	3 clavos	—	3 clavos
	20 a 27	4 clavos	—	4 clavos
	> 27	5 clavos	—	5 clavos
Clavos y otros elementos de unión	< 12	1 clavo	+ 1 elemento de unión (1)	1 clavo + 1 elemento de unión (1)
	12 a 20	2 clavos	+ 1 elemento de unión (1)	2 clavos + 1 elemento de unión (1)
	20 a 27	3 clavos	+ 1 elemento de unión (1)	3 clavos + 1 elemento de unión (1)
	> 27	3 clavos + 1 elemento de unión (1)	—	2 clavos + 2 elementos de unión (1)
Otros elementos de unión	< 12	1 elemento de unión (1)	+ 1 elemento de unión (1)	2 elementos de unión (3)
	12 a 20	2 elementos de unión (4)	—	2 elementos de unión (3)
	20 a 27	2 elementos de unión (4)	+ 1 elemento de unión (2)	3 elementos de unión (5)
	> 27	3 elementos de unión (5)	—	3 elementos de unión (5)

Notas:

1. Cabilla remachada o cabilla de punta perdida equivalente, definida en 7.10.22; o perno.
2. Cabilla remachada o cabilla de punta perdida equivalente, si el primer elemento de unión es una cabilla remachada o una cabilla de punta perdida equivalente. Si uno de los elementos de unión es un perno, el otro puede ser una cabilla de punta perdida más corta, pero que penetre en la cuaderna 9/10 de su altura, como mínimo.
3. Cabillas remachadas, cabillas de punta perdidas equivalentes o pernos.
4. Cabillas remachadas, o cabillas de punta perdida equivalentes, o pernos; con un perno puede admitirse una cabilla de punta perdida más corta, pero deberá penetrar en la cuaderna 9/10 de su altura, como mínimo.
5. Cabillas remachadas, o cabillas de punta perdida equivalentes, o pernos; con dos pernos podrá admitirse una cabilla de punta perdida más corta, pero que debe penetrar en la cuaderna 9/10 de su altura, como mínimo.
6. Elemento de unión no admitido para los durmientes (ver 7.12.32).

5.8.3.4.-Estructura de la cubierta.

1-Los extremos de los baos y de los barrotines deberán fijarse, por lo menos, por medio de una cabilla común al trancañil y al durmiente o por una cabilla al durmiente o al sotadurmiente y un perno al sotadurmiente.

En principio, los baos que no se prolongan en las bandas más allá del durmiente, se unirán a las cuadernas por una abrazadera o por una curva con dos elementos de unión al bao y dos o tres elementos de unión al forro.

2-Los baos y las cuadernas se unirán entre sí por lo menos por medio de una cabilla remachada o, preferentemente, por un perno.

3-Las brazolas de escotillas se encabillarán a los baos y entremiches, pero las brazolas que sirvan de unión a una caseta deberán, en principio, empernarse a los baos y barrotines al mismo tiempo que a las cuerdas situadas bajo cubierta, si existen.

4-En principio, las tracas de cubierta que tengan 10 a 16 cm de ancho, se fijarán a los baos o barrotines por lo menos por uno y dos clavos alternativamente y por dos en los extremos; también podrán fijarse colocando dos puntas en cada una de las uniones mencionadas.

5.8.4.-Calafateado y protección.

1-Se recomienda que las juntas de unión que no se calafateen y por las que el agua pueda filtrarse, se impregnen, durante el montaje, con una capa espesa de pintura o de otro producto conveniente.

Se recomienda, igualmente, el taponar los alojamientos de las cabezas de los elementos de unión, de las tuercas o de los remaches, si deben quedar cubiertos por otras piezas. El producto que se emplee para ello puede ser una mezcla de minio, masilla, aceite de linaza y filástica de estopa; un producto bituminoso que se endurezca lentamente o una pasta equivalente que no ataque a los elementos de unión.

2-Los cantos de las tracas a calafatear deberán estar aproximadamente en contacto en la cara interior del casco y abiertos hacia el exterior, en proporción a su espesor. La estopa alquitranada que se emplee para el calafateado deberá ser de primera calidad. Las juntas deberán quedar bien rellenas, sin que la estopa las atraviese por completo. Los cordones de estopa de los topes deberán cruzarse convenientemente con los de las costuras longitudinales.

3-Las costuras del casco y de la cubierta deberán embrearse o rellenarse con masilla, después de aplicar una capa de pintura si se considera necesaria para que agarre la masilla. Las cabezas de los elementos de unión que queden por el exterior del casco deberán recubrirse con masilla o colocando tapines de madera de la misma calidad que las piezas a unir.

4-Las pastas, masillas, breas y pinturas que se empleen, deberán ser compatibles unas con otras. Especialmente deberá evitarse la superposición de productos grasos a base de aceite de linaza y de productos bituminosos. Las breas y masillas deberán

endurecerse después de su aplicación sin llegar a ser demasiado quebradizas. Deberán ser muy adherentes.

5-Los fondos interiores del casco (sentinas), deberán embrearse o cementarse y estarán provistos de groeras, si es necesario, para permitir que la totalidad de las aguas de la bodega desagüe a los puntos en que estén situadas las tomas de achique.

5.9.- Timón.

5.9.1-Timón con pinzotes y pala de madera.

5.9.1.1.-Mecha.

1-Para los timones con pinzotes, la dimensión a será:

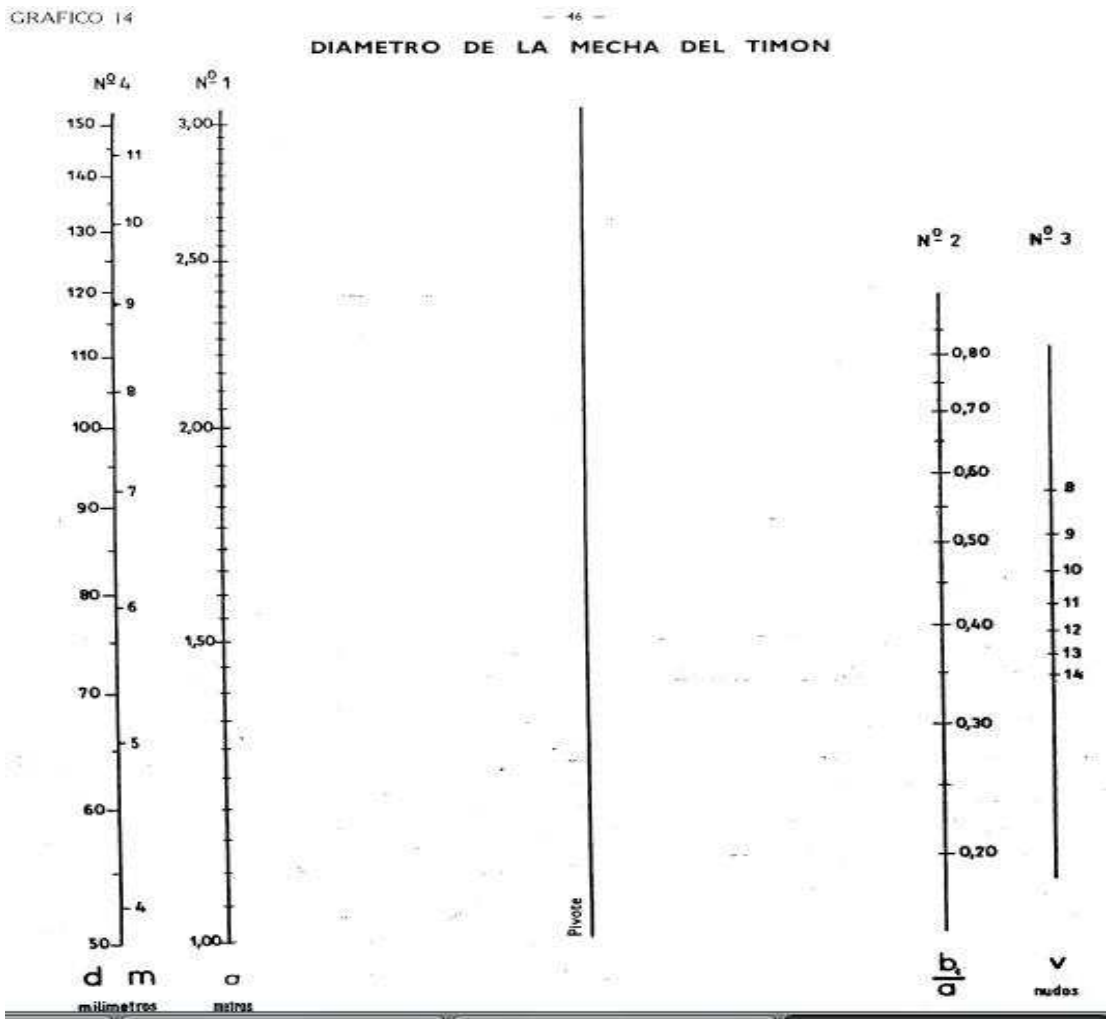
$$A=1,2 \times \text{altura de la pala.}$$

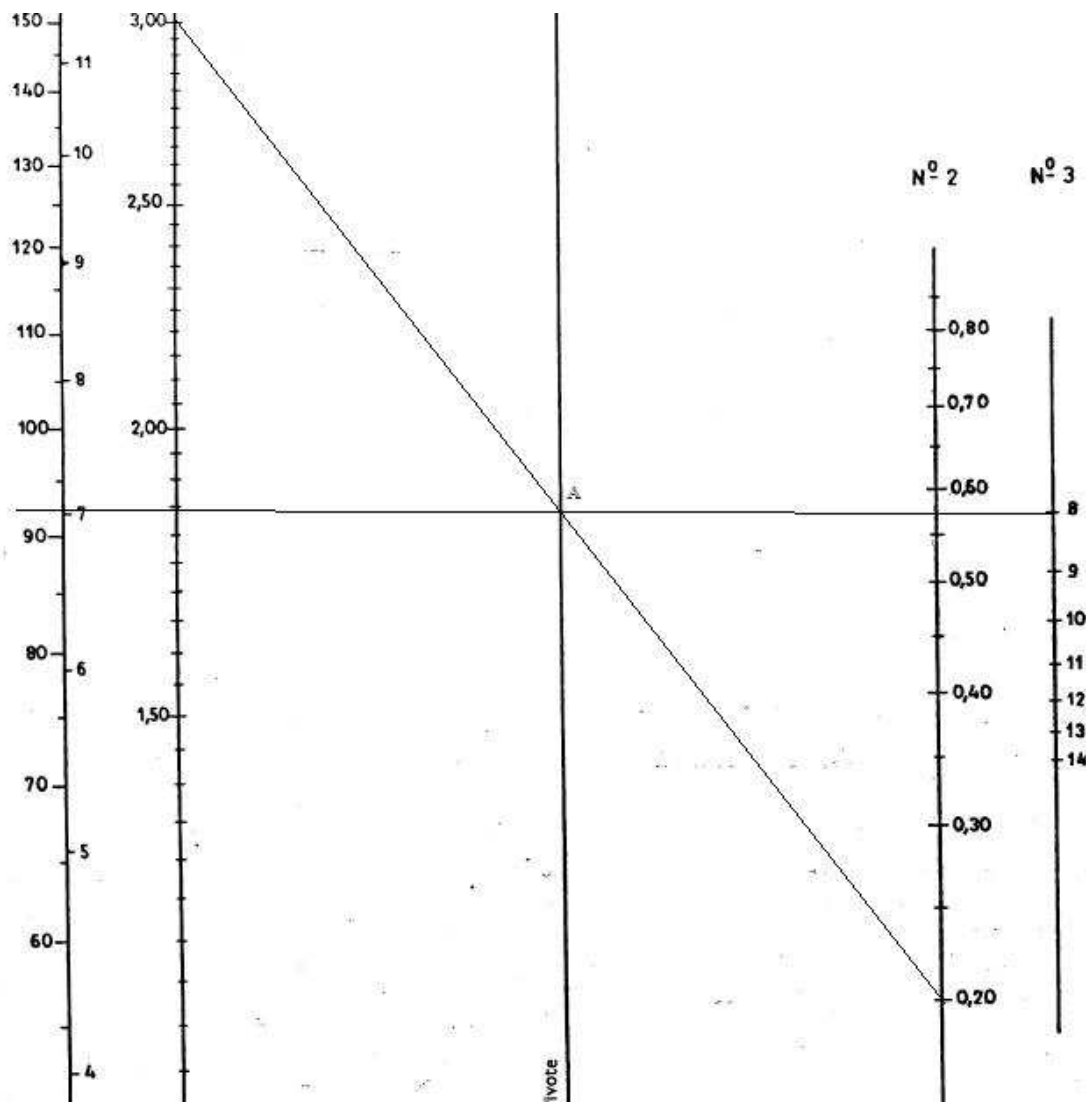
El escantillonado se determinará para una velocidad de 8 nudos.

2-El diámetro de la mecha se obtendrá calculando en primer lugar la relación ficticia:

$$b1/a = b/a - 1,2$$

Después se utilizará el gráfico 14.





Por lo que sale un diámetro: $d=92,5$ cm

5.9.1.2.-Acoplamiento de la mecha.

1-El pinzote superior deberá colocarse lo más arriba que sea posible.

En principio, el herraje o brazo correspondiente al mismo bordeará el canto alto de la pala y recibirá el acoplamiento de la mecha; el espesor de este herraje deberá ser igual a $1/4$ del diámetro que tenga la mecha en la región en que se coloquen los pernos de acoplamiento.

2-Si la brida de acoplamiento es vertical, deberá llevar, por lo menos, 8 pernos de acoplamiento.

5.9.1.3.-Herrajes de la pala.

1-Para una distancia entre pinzotes no mayor a la separación máxima entre brazos indicada por la tabla 153, el diámetro de los pinzotes estará dado por la fórmula:

$$da = 0,5xd+10mm$$

2-La longitud de la superficie de apoyo entre macho y hembra en los pinzotes, deberá ser, por lo menos, igual a $1,2da$. Los brazos de los herrajes de los pinzotes y de los tinteros deberán tener en su iniciación un espesor igual, por lo menos, a $0,4da$; este espesor puede reducirse a la mitad en los extremos de los brazos.

3-Los brazos de los herrajes fijos sobre el codaste deberán entallarse en el mismo. Los que estén colocados sobre la pala de la madera se extenderán, en principio, en todo el ancho de la pala. Únicamente se admitirán las uniones por pernos o por cabillas remachadas.

REDUCCION DEL DIAMETRO DE LA MECHA EN SU PARTE ALTA

151

b_1/a	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
% de reducción de d_1	27	23	20	17	15	13	11

b_1/a	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
% de reducción de d_1	10	9	8	7	7	6	6

Nota:

La relación b_1/a , definida en 8.12.12, sirve igualmente para determinar el diámetro de la mecha d_1 utilizando el gráfico 14.

DIMENSIONES DE LAS CHAVETAS

152

Diámetro de la mecha en mm. $\left\{ \begin{array}{l} \text{de} \\ a \end{array} \right.$	55	58	68	78	90	110	130
	58	68	78	90	110	130	150
Sección de la chaveta en mm.	16 × 10	18 × 11	20 × 12	24 × 14	28 × 16	32 × 18	36 × 20

PALA DEL TIMON

153

Dimensión a en metros	1,00	1,25	1,55	1,90	2,25	2,65	3,05
Distancia máxima entre brazos en mm.	600	675	750	825	900	975	1 050
Espesor de las planchas en mm. para una velocidad de 8 nudos	8	9	10	11	12	13	14

-A nuestro timón no le vamos a reducir el diámetro de la mecha en la parte alta, para facilitar su construcción.

-Según la tabla 152, para un diámetro de la mecha de 92,5mm, le corresponde una chaveta de dimensiones: 28x16mm.

-Según la tabla 153, para $a=3$ metros, la distancia máxima entre brazos es de 1,05 metros, y el espesor de las planchas de 14 mm.

5.9.1.4.-Pala.

1-El espesor de la parte de proa de la pala será, en principio, igual al ancho de la quilla y del codaste.

2-Las diversas piezas que componen la pala deberán unirse entre sí por un encabillado paralelo a la superficie o por otro dispositivo aprobado.

5.9.2.- Aparato de gobierno.

El aparato de gobierno, bien sea a brazo o movido por una fuente de energía, deberá permitir orientar el timón de manera satisfactoria en todas las condiciones de marcha y de maniobra del buque. En particular, con el buque navegando avante a la velocidad máxima de servicio, se deberá poder maniobrar la caña desde 35° a una banda a 30° a la otra en menos de medio minuto.

5.10.- Equipo.

5.10.1.-Numeral de equipo.

1-Las características principales de las anclas, cadenas y cabuyería se determinan en la tabla 16, en función del numeral de equipo NA, definido como sigue:

2-Se podrá tomar para NA el mismo numeral de escantillonado N, sin ningún aumento, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

-La longitud de las superestructuras principales y la longitud de las casetas deben ser inferiores cada una a un cuarto (25%) de la eslora entre perpendiculares.

-La altura de las superestructuras principales debe ser inferior al 50% del puntal del buque.

-La caseta deberá estar construida a un solo nivel, y únicamente el piso del puente de gobierno podrá estar eventualmente elevado sobre la cubierta.

Nuestro barco no cumple las dos primeras condiciones.

3-En los demás casos, el numeral NA será igual al de escantillonado N aumentado en los volúmenes siguientes:

-La mitad de la capacidad de las superestructuras principales (castillo, toldilla), despreciando aquellas partes que queden fuera de la eslora entre perpendiculares.

En este caso: $60\text{m}^3 \times 0,5 = 30\text{m}^3$

-Un cuarto de la capacidad de las casetas.

En este barco no hay casetas

El nuevo numeral de equipo será: $\text{NA} = 235,186\text{m}^3 + 30\text{m}^3 = 265,186\text{m}^3$

ANCLAS, CADENAS Y CABULLERIA

NA Ver 9-11	Anclas		Cadenas		Cabos o cables de fibra vegetal o de acero				
	Número	Peso del ancla principal kg.	Diámetro mm.	Longitud total m.	Diámetro del primero		Diámetro del segundo		Longitud de cada una m.
					Cáñamo o abacá mm.	Acero galvanizado mm.	Cáñamo o abacá mm.	Acero galvanizado mm.	
60 a 80	1	50	11	60	22	—	22	—	50
80 a 97	1	60	12	60	25	—	25	—	60
97 a 128	1	70	13	60	25	—	25	—	60
128 a 155	1	80	14	60	28	—	25	—	70
155 a 206	1	100	15	60	28	—	25	—	70
206 a 249	2	120	16	90	32	11	25	—	70
249 a 300	2	140	17	90	32	11	25	—	70
300 a 365	2	160	18	90	36	12,5	25	—	80
365 a 440	2	180	19	90	36	12,5	25	—	80
440 a 535	2	200	20	110	40	14	25	—	90
535 a 640	2	220	21	110	40	14	25	—	90
640 a 710	2	240	22	110	40	14	25	—	90
710 a 780	2	260	22	140	45	14	28	—	110
780 a 860	2	280	23	140	45	14	32	11	110
860 a 940	2	300	24	165	45	14	32	11	110
940 a 1 030	2	300	25	165	50	16	32	11	110
1 030 a 1 140	2	320	26	190	50	16	36	12,5	110
1 140 a 1 250	2	350	27	190	50	16	36	12,5	110
1 250 a 1 370	2	380	28	190	53	16	40	12,5	110

A nuestro barco le corresponde el siguiente equipo:

2 anclas de 140 kg cada una.

90 metros de cadena de 17 mm de diámetro.

70 metros de cabo de cáñamo o abacá de 32 mm de diámetro.

5.11.-Descripción de la tecnología aplicada en la época de su construcción.

Hay que decir que antiguamente los carpinteros de ribera pocas veces realizaban algún tipo de cálculo que les permitan conocer los espesores de las piezas, sino que más bien se han basado en su experiencia y tradición oral.

La eslora y la forma de la silueta del bote, quilla, dormido y roda, son directamente traspasadas del modelo a las plantillas y a partir de estas se obtienen las piezas estructurales. También de este modelo se obtendrá la forma del espejo y el codaste.

Tanto el codaste, el dormido de la quilla como la roda llevarán un rebaje denominado alefriz que permitirá el encaje de las tablas del forro. El dormido a su vez llevará en la parte superior los rebajes laterales que permitan el encaje de las varetas así como el encastre del conjunto cuaderna-plan.

Antes de montar las cinco piezas fundamentales el carpintero ensamblará el conjunto codaste-espejo. El espejo sobresaldrá de las aletas, haciendo de tope de las tablas de forro en el extremo de popa.

La roda, el codaste-espejo, el dormido y la quilla son fijadas entre si con pernos o varilla roscada de acero inoxidable constituyendo la estructura básica de la embarcación a partir de la cual se construirá el resto de la misma.

La primera cuaderna en colocarse es la cuaderna maestra, que será la de máxima manga, se construirá a partir de la plantilla de la cuaderna maestra, primero se cortaran dos piezas iguales y simétricas, y se ensamblarán junto con el plan o varenga que las unirá a las dos.

Las cuadermas son dobles, formadas por varias piezas unidas a tope con las uniones alternadas. Deben estar achaflanadas con un cierto ángulo que corresponde al que pide la tabla del forro debido a la curvatura de las líneas horizontales o líneas de agua. Este ángulo sería cero solamente si las tablas del forro fueran paralelas al plano longitudinal o de crujía, cosa que ocurre teóricamente a la eslora de la cuaderna maestra.

Estos ángulos se obtienen a partir del trazado a escala 1:1 de las secciones transversales para cada cuaderna a diferentes alturas y se trazan sobre una tablilla, que recibe el nombre de tabla o tablilla de escantillones o cartabones. Llevando este ángulo al punto correspondiente de la cuaderna se talla el chaflán que permite el ajuste de la tabla del forro.

El ancho de la tablilla corresponde a la separación del eje de las cuadernas, y el escantillón o cartabón es el ángulo formado por la separación de cuadernas y la diferencia de semimangas. Los cartabones pueden sacarse para las líneas de agua o las vagras planas.

Para terminar de montar la cuaderna maestra y poder ensamblarla a la estructura fundamental nos hará falta unir la cuaderna ensamblada con una ventrera o bao provisional que nos asegurará la manga del proyecto de esa sección, además de darte mayor rigidez al conjunto.

Este proceso se repite con todas y cada una de las cuadernas, es muy importante la nivelación transversal para que una banda no quede más baja que la otra y la nivelación longitudinal para que las cuadernas queden perpendiculares a la flotación y a la línea base.

Las cuadernas irán unidas al dormido y a la quilla por medio de una serie de pernos fabricados a partir de varilla roscada de acero inoxidable de unos 10 mm de diámetro. En la antigüedad estos pernos eran de acero, tenía el inconveniente de si la madera donde estaban empernados era roble, debido al tanino que encierran sus fibras, su oxidación se aceleraba obligando a ser cambiados con regularidad.

Una vez las cuadernas han sido fijadas en su posición, las cuadernas de proa y popa al ser las formas más finas en los extremos van suplementadas con un sobredormido, se procede a la colocación de la cinta, normalmente más ancha y de mayor densidad que el resto de tablas, la cual cierra el perímetro de la cubierta y dota de arrufo a la embarcación. Al igual que el resto de tablas del forro, se debe haber previamente dotado a las cuadernas de los escantillones para que asienten bien. Acto seguido comienza el proceso de forrado de las tablas.

Además de la quilla y sobrequilla, se disponen elementos de refuerzo longitudinal en la estructura formados por los palmejares, los durmientes y las tapas trancanil.

Los palmejares son elementos longitudinales unidos a las cuadernas por su cara interior y que se extienden de proa a popa con el objeto de rigidizar el conjunto de las cuadernas y aportar resistencia longitudinal al conjunto.

Los durmientes son las piezas longitudinales que corren por la cara interior de las cuadernas inmediatamente por debajo de la línea de arrufo de la cubierta y que sirven de apoyo a los baos, piezas transversales que soportan la cubierta, dotando además al casco de una adecuada resistencia longitudinal. Los sotadurmientes son unos segundos durmientes unidos a estos por su cara interior.

La conexión de los baos con los durmientes se hace a media cola de milano. Esta unión permite que el bao trabaje impidiendo que los costados abran o cierren bajo la

presión del agua en los costados. Los durmientes van clavados a las cuadernas y unidos al sotadurmiente con un perno.

Los baos poseen curvatura en el sentido transversal, llamada brusca, para facilitar la evacuación rápida del agua embarcada en cubierta a través de los imbornales o falucheras que se abren en la parte inferior de la amurada. Los valores de la flecha de la brusca se mantienen alrededor de un cincuentavo de la manga del barco.

A lo largo de la cubierta sobre los baos en el costado se sitúa la tapa trancanil que tapa, denominada llave en Cartagena, y protege los extremos de las cuadernas, y el canto superior de los durmientes y de la primera pieza del forro exterior. Sus dimensiones son mayores en ancho y grueso que las tablas de la cubierta porque contribuye a la resistencia longitudinal del barco y en él se perforan las cajeras para alojamiento de los barraganetes o escalamotes, voz utilizada en Cartagena. Se extienden desde la roda hasta el codaste por ambos costados.

En el proceso de forrar el casco, en primer lugar se colocan las piezas que tienen mayor espesor por razones específicas que son los varaderos, los rozaderos y las cintas.

Los varaderos van situados en la zona de mayor curvatura transversal de las cuadernas llamada pantoque para dar mayor espesor a la zona en que apoya la embarcación cuando vara en el fondo al bajar la marea en zonas de poco calado. La forma de determinar la posición de los varaderos es trazar la tangente desde la cara inferior de la quilla a las cuadernas del tercio central de la eslora donde van a situarse estas piezas.

El forrado de la estructura se empezará desde el extremo superior justo por debajo de la cinta, a continuación se cortan las cuadernas por esa línea, llevando las alturas de las cuadernas al otro costado para asegurar que la línea de arrufo es simétrica a ambos costados.

Las diferentes tablas del forro se unen a tope unas con otras. Hay que emplear varias tablas de madera para conseguir una hilada de tracas en el sentido longitudinal. Los carpinteros de ribera consideran importante forrar “con madera larga”, es decir con maderos de la mayor longitud posible.

Las diferentes piezas de madera del forro se disponen comenzando por la tabla más próxima a la quilla llamada aparadura que va encajada al alefriz de la quilla y clavada a las cuadernas de la forma descrita.

Estas piezas deben de ajustar en sentido longitudinal con las ya colocadas previamente. Debido a la curvatura longitudinal y transversal del casco los cantos longitudinales deben de tener una determinada curvatura para garantizar este ajuste con la tabla contigua. Este ajuste es muy importante pues de él va a depender la estanqueidad del casco. A este ajuste se le denomina fasquía.

Este proceso consiste en disponer a cierta distancia de la tabla de forro ya clavada un junquillo, que recibe el nombre de fasquía, siguiendo su dirección natural y clavado en diferentes puntos a las cuadernas. Con el compás se toman una serie de distancias entre el canto inferior

5.12.-Planos constructivos, detalle de uniones y ensamblajes.

En el anexo se adjuntan los detalles constructivos de la roda, codaste y quilla, en los planos número 5 en sus 10 hojas.

- 5.1. Plano de la estructura.
- 5.2. Sección 3.
- 5.3. Sección 9.
- 5.4. Sección 18.
- 5.5. Sección 21.
- 5.6. Sección 27.
- 5.7. Sección 33.
- 5.8. Detalle constructivo: codaste.
- 5.9. Detalle constructivo: roda.
- 5.10. Detalle constructivo: ensamblaje de la quilla.

Capítulo 6. Valoración económica.

Materiales	Precio por unidad	Cantidad necesaria	Precio total (€)
Madera de roble	6071 € / t	73,333 t	445204,643
Madera de pino	1200 € / t	7,682 t	9218,4
Cabillas de cobre	5 € / kg	0,200 t	1000
Cabillas de hierro galvanizado	11 € / kg	1,412 t	15532
Clavos de hierro galvanizado	6 € / kg	2,624 t	15852
Estopa	25 € /kg	200 kg	5000
Brea	6 € / kg	552 kg	3312
Tejido de cáñamo	40 € / kg	135,52 kg	5420,8
Motonería			
Pequeños	14,52 € / und	10	145,2
Medianos	21,78 € / und.	35	762,3
Grandes	31,45 € / und.	6	188,7
Pintura	37,5 € / L	10 L	375
Anclas	6000 € / und.	2	12000
Cables y estachas de cáñamo	€/ metro		
14 mm	2,41	50 m	120,5
16mm	3,12	150 m	468
18mm	3,87	50 m	193,5
20mm	4,55	100 m	455
22mm	5,57	100 m	557
32 mm	14,00	140 m	1960

Total: 517765,04 €

Jornales

Trazador de gálidos	535 €/mes
Carpintero de ribera	600 €/mes
Calafate	537 €/mes
Movimiento	700 €/mes
Aserradores	539 €/mes
Veleros	650 €/mes
Pintores	541 €/mes
total:	4102 €/mes

Pertrechos: 5000,00 €

	Euros
MATERIALES + JORNALES	526.867 €
6% Beneficio industrial	31.612 €
20% Gastos Generales	6.322 €
Total	564.801 €
5% ITE	28.240 €
Total	593.042 €

Capítulo 7.- Bibliografía, fuentes documentales y especificaciones técnicas utilizadas.

Libros y apuntes:

De Bordejé y Morencos, F. Fernando (1991). Libro del V centenario. Madrid.

Varela, Consuelo. Capítulo I, Introducción histórica.

Chocano, Guadalupe. Capítulo II. La Santa María, La Pinta y La Niña.

Fernández Vial, Ignacio. Capítulo III. Las naves del descubrimiento.

Capítulo V. Las naves del V centenario.

López Peñalver, Leandro. Apuntes Dibujo Naval, (UPCT). Tema 1, apartado 1.

López Peñalver, Leandro. Apuntes Dibujo Naval, (UPCT). Tema 1, apartado 2.

Palomo López, Olavo. Apuntes de Teoría del Buque I, (UPCT). Tema 4.

Blasco, Francisco. Apuntes proyectos, (UPCT), tema 9. Arqueo.

Reglamentos:

Bureau Veritas. Construcción y clasificación de embarcaciones de pesca de madera. (1963)

Páginas web:

<http://es.wikipedia.org/>

<http://www.enavales.com/>

Capítulo 8. Agradecimientos.

Con motivo del fin de esta etapa de mi vida, me gustaría dedicar unas palabras:

A mi familia, en especial a mis padres, por haberme dado la oportunidad de estudiar esta carrera, dura pero muy interesante, por sus continuos ánimos y apoyo, sin los cuales no hubiera conseguido llegar a ser lo que soy. Desde lo más profundo de mí, muchas gracias.

A mi hermano, por ser un modelo de conducta a seguir y ayudarme a elegir la opción más acertada siempre.

A Naiara, por aguantar mis agobios y quebraderos de cabeza, por darme el apoyo, ayuda y cariño necesario para seguir adelante cuando todo se ponía difícil.

A todas aquellas personas que me han pasado apuntes, ayudado con las prácticas, o simplemente hemos compartido una cerveza entre buenos ratos.

Agradezco el tiempo empleado y por la información aportada al tutor de este proyecto: D. Federico Cerón De Lara.

En este proyecto han participado los siguientes colaboradores:

D. Manuel Pérez.

D. Francisco Bastida.

Dña. Soledad Fructuoso.

D. Josep Ramón Vidal.

Dña. Naiara Arenas.

Anexo